

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ A KONSTRUOVÁNÍ

Čištění dopravních pásů dopravníků

Cleaning Conveyor Belts of Belt Conveyors

Student:

Bc. Ondřej Vajda

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Vajda**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: Čištění dopravních pásů dopravníků
Cleaning Conveyor Belts of Belt Conveyors

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Zpracujte rešerši systémů používaných pro čištění pásů dálkové pásové dopravy na povrchových dolech. Navrhněte koncepci zařízení pro čištění dopravních pásů formou kombinace čištění a odprašnění. Technické návrhy doplňte potřebnými výpočty a výkresovou dokumentací. Bližší specifikace provozních podmínek a dalších relevantních parametrů určí zadavatel.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
HOJDAR, J. - HELEBRANT, F. - KLIMECKÝ, O. - JURMAN, J. - GONDEK, H. *Povrchové dobývací stroje II*. 1. vyd. Ostrava, Vysoká škola báňská, 1986. 338 s.
CVEKL, Z. – DRAŽAN, F. *Teoretické základy transportních zařízení*. 1. vydání, Praha: SNTL, 1976. 319 s.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: ČNI, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě12.5.2017.....

..........
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:12.5.2017.....

..........
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Ondřej Vajda

Adresa trvalého bydliště autora práce: Závišice 264

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval prof. Ing. Josefu Jurmanovi, CSc. za odborné rady a jeho pomoc při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Leovi Boháčovi z firmy DvB-AF s.r.o. za zadání diplomové práce a odborné konzultace.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VAJDA, O. Čištění dopravních pásů dopravníků: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 70 s. Vedoucí práce: Jurman, J.

Diplomová práce se zabývá návrhem čištění dopravních pásů formou kombinace čištění a odprášení. V První části diplomové práce je zpracována rešerše, která se věnuje popisu pásového dopravníku a jeho jednotlivých částí. V práci jsou také popsány různé metody odprášení přesypu pásové dopravy. Následuje upřesnění zadání a návrh sestavy přesypu dopravních pásů. V této sestavě je navrženo čistící zařízení dopravního pásu, umístěné na vnitřní straně spodní větve pásu. Návrh sestavy přesypu obsahuje kombinaci více metod odprášení přesypu pásové dopravy. První metodou je suchá mlha, která odstraňuje větší prachové částice. Druhou metodou je odsávací zařízení, umístěné po obou stranách přesypu. Návrh zpracovaný v diplomové práci přispívá k delší životnosti komponentů pásového dopravníku a také ke zlepšení pracovního i životního prostředí. Přílohou diplomové práce je výkresová dokumentace, textové dokumenty k dopravním pásům a diplomová práce na CD.

THE ANNOTATION OF THE DIPLOMA THESIS

VAJDA, O. Cleaning Conveyor Belts of Belt Conveyors: diploma thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machine and Design, 2017, 70 p. Thesis head: Jurman, J.

The diploma thesis deals with the proposal of cleaning the conveyor belt in the form of a combination of cleaning and dust removal. In the first part of the diploma thesis of the research is elaborated on the description of the belt conveyor and its individual parts. There are also described different methods of dust removal of overlap of the belt conveyor. Following clarification of the assignment and a proposal of overlap of the conveyor belts assembly. In this assembly, a conveyor belt cleaning device is placed on the inside of the lower part belt. The design of the assembly includes a combination of more methods for dust removal. The first method is dry fog, that removes large dust particles. The second method is the suction device located on both sides of the overlap. The proposal elaborated in the diploma thesis contributes to the longer life of the belt conveyor components and also to the improvement of the working and the environment. Attachment of the diploma thesis is drawing documentation, text documents for conveyor belts and diploma thesis on CD.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	9
1 ÚVOD	12
2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY	13
2.1 POPIS PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	13
2.2 POHÁNĚCÍ STANICE	14
2.3 VRATNÁ STANICE	15
2.4 NOSNÁ KONSTRUKCE S VÁLEČKY	15
2.5 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ	16
2.6 SHRNOVACÍ ZAŘÍZENÍ	17
2.7 DOPRAVNÍ PÁS	18
2.7.1 <i>Pryžový dopravní pás s textilní vložkou</i>	20
2.7.2 <i>Dopravní pás s ocelovou kostrou</i>	20
2.8 STĚRAČ DOPRAVNÍHO PÁSU	21
2.8.1 <i>Čelní stěrače</i>	22
2.8.2 <i>Spodní stěrače</i>	22
2.8.3 <i>Vnitřní stěrače</i>	23
2.8.4 <i>Speciální čistící zařízení</i>	26
3 ODPRÁŠENÍ PŘESYPU PÁSOVÉ DOPRAVY	30
3.1 MOKRÁ CESTA LIKVIDACE PRAŠNOSTI	30
3.2 SUCHÁ CESTA LIKVIDACE PRAŠNOSTI	32
4 NÁVRH ČISTÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	33
4.1 ZADANÉ PARAMETRY	33
4.2 ÚHEL NATOČENÍ STĚRAČE	34
4.3 PŘÍTLAČNÉ ZAŘÍZENÍ STĚRAČE	35
4.3.1 <i>Výpočet pružiny přítlačného zařízení stěrače</i>	36
4.4 VÝPOČET ODPORU STĚRAČE PROTI POHYBU DOPRAVNÍHO PÁSU	39
5 ODPRÁŠENÍ PŘESYPU DOPRAVNÍCH PÁSŮ	40
5.1 NAVRŽENÝ PŘESYP DOPRAVNÍCH PÁSŮ	41
5.2 SUCHÁ MLHA	43
5.2.1 <i>Ventilová skříň</i>	44
5.2.2 <i>Nosič trysek</i>	45
5.2.3 <i>Základní technické parametry a výpočet navrženého zařízení pro suchou mlhu</i> ...	46
5.3 NAVRŽENÉ ODSÁVACÍ ZAŘÍZENÍ	50
5.3.1 <i>Výpočet objemu přesypu</i>	51
5.3.2 <i>Návrh potrubní sítě odsávání</i>	55
5.3.3 <i>Ventilátor</i>	59
5.3.4 <i>Kontejner</i>	62
5.3.5 <i>Filtrační jednotka</i>	63
6 ZÁVĚR	64

7	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	66
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
9	SEZNAM PŘÍLOH	70

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
A	Dotyková plocha mezi pásem a stěračem	$[m^2]$
A ₁₋₇	Horizontální rozměr části přesypu	$[m]$
B	Šířka dopravního pásu	$[m]$
B ₁₋₆	Vertikální rozměr části přesypu	$[m]$
C ₁	Délka části přesypu	$[m]$
C ₂	Délka části přesypu	$[m]$
C _g	Opravný součinitel	$[-]$
D	Střední průměr pružiny	$[mm]$
D ₁	Vnější průměr pružiny	$[mm]$
F _r	O odpor stěrače pásu	$[N]$
F ₁	Nejmenší pracovní zatížení pružiny	$[N]$
F ₈	Maximální pracovní zatížení pružiny	$[N]$
G	Modul pružnosti ve smyku	$[MPa]$
H	Výška přesypu dopravních pásů	$[m]$
K	Korekční součinitel napětí v krutu	$[-]$
L	Délka potrubí pro suchou mlhu	$[m]$
L ₀	Délka nezatížené pružiny	$[mm]$
M _n	Krouticí moment	$[N \cdot mm]$
P	Rozteč závitu pružiny	$[mm]$
P _{CV}	Maximální dopravní tlak ventilátoru	$[Pa]$
P _{EL}	Výkon elektromotoru	$[W]$
Q	Dopravní výkon	$[t \cdot h^{-1}]$
Q _V	Maximální množství dopravovaného vzduchu	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q _{sku}	Skutečný průtok potrubím	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q _{voda}	Průtok voda	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q _{vduch}	Průtok vzduch	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Re	Reynoldsovo číslo voda	$[-]$
Re _{VZ}	Reynoldsovo číslo vzduch	$[-]$
R _m	Mez pevnosti materiálu	$[MPa]$
S	Průřez náplně pásu	$[m^2]$
S ₁	Část průřezu náplně pásu	$[m^2]$
S ₂	Část průřezu náplně pásu	$[m^2]$
S _p	Požadovaný průřez náplně pásu	$[m^2]$
S _{tp}	Skutečný průřez potrubí	$[m^2]$
S' _{tp}	Předběžný průřez potrubí	$[m^2]$

V_{1-7}	Objem oblasti přesypu	$[m^3]$
V_{celk}	Objem celého přesypu	$[m^3]$
V_{ho}	Objem horní části přesypu	$[m^3]$
V_{sp}	Objem spodní části přesypu	$[m^3]$
V_g	Geometrický objem hydrogenerátoru	$[m^3]$
V_{gkat}	Katalogový geometrický objem hydrogenerátoru	$[m^3]$
W	Šířka stěrače pásu	$[m]$
W_k	Modul průřezu v krutu	$[mm^3]$
a	Šířka dopravního pásu	$[mm]$
b	Využitelná ložná šířka pásu	$[m]$
b_1	Skutečná ložná šířka pásu	$[m]$
c_1	Délka stěrače pro úhle 40°	$[m]$
c_2	Délka stěrače pro úhle 30°	$[m]$
d	Průměr drátu pružiny	$[mm]$
d'	Předběžný průměr drátu pružiny	$[mm]$
d_{tp}	Průměr tlakového potrubí	$[mm]$
d_{potr}	Vnitřní průměr potrubí	$[m]$
i	Poměr vinutí	$[-]$
k	Tuhost pružiny	$[-]$
k_ϕ	Součinitel plnění pásu	$[-]$
l	Délka přímé části potrubí	$[m]$
l_s	Délka středního válečku	$[m]$
l_8	Délka plně zatížené pružiny	$[mm]$
l_9	Délka plně zatížené pružiny bez vůlí	$[mm]$
n	Počet činných závitů pružiny	$[-]$
n_{HG}	Otáčky hydrogenerátoru	$[min^{-1}]$
n_z	Počet závěrných závitů pružiny	$[-]$
p	Tlak mezi stěračem a dopravním pásem	$[N \cdot mm^{-2}]$
p_{voda}	Tlak vody	$[MPa]$
p_{vzduch}	Tlak vzduchu	$[MPa]$
p_{pv}	Maximální tlak vody	$[MPa]$
Δp_z	Celková tlaková ztráta v odsávacím systému	$[Pa]$
Δp_{zp}	Tlaková ztráta v potrubí	$[Pa]$
Δp_{zt}	Tlaková ztráta třením	$[Pa]$
$\Delta p_{\xi 1-3}$	Tlaková ztráta v místních odporech	$[Pa]$
$\Delta p_{\xi poč4}$	Počáteční tlaková ztráta ve filtrační jednotce	$[Pa]$
$\Delta p_{\xi kon4}$	Konečná tlaková ztráta ve filtrační jednotce	$[Pa]$
r_1	Poloměr ohybu oblouku	$[m]$
r_2	Poloměr ohybu oblouku	$[m]$

s_8	Deformace stlačení	$[mm]$
t_c	Tloušťka stěrače	$[m]$
u_2	Obvodová rychlost oběžného kola ventilátoru	$[m \cdot s^{-1}]$
v	Rychlost dopravního pásu	$[m \cdot s^{-1}]$
v_{tp}	Rychlost v tlakovém potrubí	$[m \cdot s^{-1}]$
v_{tp1}	Skutečná rychlost v tlakovém potrubí	$[m \cdot s^{-1}]$
v_0	Minimální vůle mezi závitů pružiny	$[mm]$
w	Rychlost pro odsávání prachu	$[m \cdot s^{-1}]$
z	Celkový počet závitů pružiny	$[-]$
β	Úhel sklonu bočních válečků	$[^\circ]$
ε	Ekvivalent drsnosti	$[mm]$
η_c	Celková účinnost ventilátoru	$[-]$
η_{HG}	Účinnost hydrogenerátoru	$[-]$
λ	Součinitel tření voda	$[-]$
λ_{vykon}	Výkonové číslo	$[-]$
λ_{vz}	Součinitel tření vzduch	$[-]$
μ_3	Součinitel tření mezi pásem a stěračem	$[-]$
ν	Kinematická viskozita vody	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
ξ_{1-3}	Součinitel vřazených odporů	$[-]$
π	Ludolfovo číslo	$[-]$
ρ	Hustota vody	$[kg \cdot m^{-3}]$
ρ_s	Sypná hmotnost hnědého uhlí	$[kg \cdot m^{-3}]$
ρ_{vz}	Hustota vzduchu	$[kg \cdot m^{-3}]$
τ_{DOV}	Dovolené napětí v krutu	$[MPa]$
τ_k	Napětí v krutu	$[MPa]$
τ_8	Napětí materiálu v krutu ve stavu plně zatíženém	$[MPa]$
φ	Objemové číslo ventilátoru	$[-]$
ψ	Tlakové číslo ventilátoru	$[-]$
ψ_d	Dynamický sypný úhel	$[^\circ]$

1 Úvod

U pásových dopravníků je pro bezporuchový provoz rozhodující čištění dopravního pásu od zbytku materiálu. Především u vratné větve, kde se podpěrné válečky dostávají do přímého styku se stranou pásu, na které se v horní větvi přepravoval materiál. Pokud by dopravník neobsahoval čistič dopravního pásu, následovalo by znečišťování válečků, které by vedlo k jejich nadměrnému opotřebení a také k poškození dopravního pásu vtlačováním materiálu. Další výhodou použití čističe dopravního pásu je úspora finančních prostředků na údržbu pásového dopravníku. Čističe dopravního pásu také zamezují znečištění okolního prostoru dopravníku, který by byl znečištěn padajícím materiálem ze znečištěného dopravního pásu.

Těžební a dopravní procesy při dobývání a zpracování nerostných surovin jsou takovými procesy, kdy nelze předcházet vzniku prachových částic, negativně ovlivňujících pracovní, tak i životní prostředí.

V dnešní době jsou používána hlavně dvě technická řešení k zamezení úniku prachu z přesypů do ovzduší. První řešení je tzv. Mokrý cesta likvidace prašnosti, při které se pro snížení prašnosti využívá rozprašování vody. Druhé řešení je tzv. Suchá cesta, kterou reprezentuje především odsávání prachu a jeho následné odstranění ze vzdušiny pomocí filtračních zařízení. Společným jmenovatelem těchto dvou řešení je zakrytování přesypů různými kryty, které umožňují utěsnit přesypy dopravníků.

Cílem této diplomové práce je návrh koncepce zařízení pro čištění dopravních pásů formou kombinace čištění a odprášení.

V teoretické části práce je zpracována rešerše zabývající se popisem hlavních částí pásových dopravníků. Dále jsou zde popsány systémy používané pro čištění pásů dálkové dopravy na povrchových dolech a také jejich odprášení.

V praktické části diplomové je návrh zařízení pro čištění dopravních pásů kombinací čištění a odprášení. V první části se diplomová práce věnuje návrhu čistícího zařízení dopravního pásu. V další části diplomové práce je zpracován návrh odprášení přesypu dopravních pásů kombinací více technických řešení pro lepší efektivitu odprášení.

2 Pásové dopravníky

Pásové dopravníky jsou dopravníky určeny pro přímou vodorovnou a úklonnou dopravu sypkých materiálů, kusových materiálů a také k dopravě osob na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti. Pásové dopravníky patří mezi dopravníky, jejichž tažným a nosným prostředkem je nekonečný dopravní pás, obíhající mezi poháněcím a vratným bubnem.

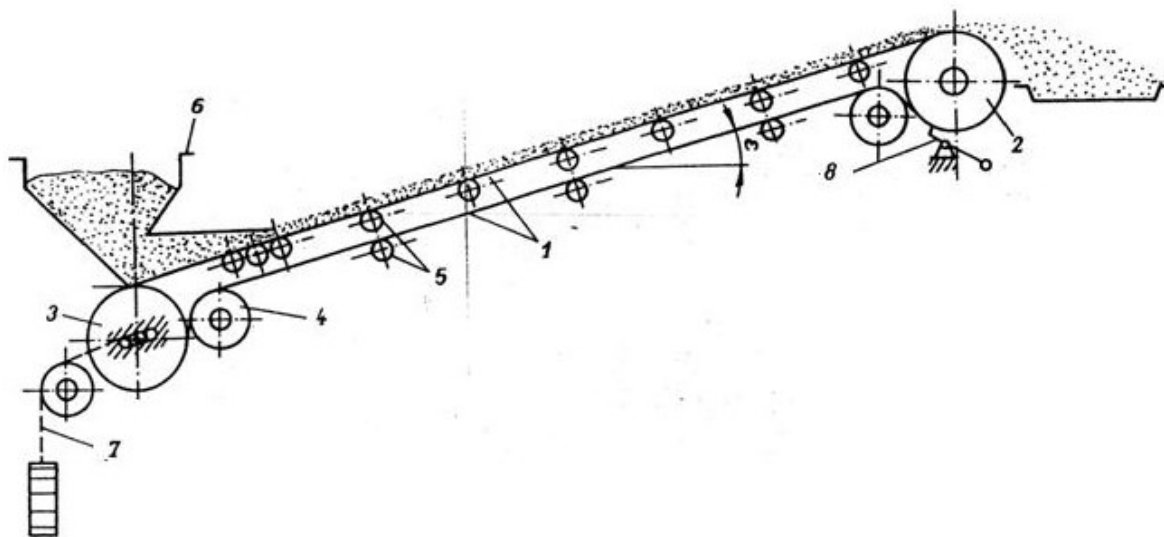
Hlavní výhody pásových dopravníků jsou plynulá doprava, velký dopravní výkon, malé pohybové odpory, možnost dopravy téměř všech sypkých materiálů, spolehlivý provoz a jednoduchá konstrukce. Mezi nevýhody patří určité problémy při dopravě abrazivních a lepkavých materiálů, a také velký počet rotujících částí (nevýhody spojeny s jejich údržbou).

Základní rozdělení pásových dopravníků:

- pásové dopravníky pro dálkovou dopravu (velká dopravní délka, velký výkon, vyšší dopravní rychlost, větší šířka dopravního pásu, umístění na volném terénu),
- pásové dopravníky pro technologickou dopravu (doprava mezi výrobními, skladovacími, vykládacími místy). [1]

2.1 Popis pásového dopravníku

Schéma pásového dopravníku je zobrazeno na Obr. 2.1.



Obr. 2.1 Schéma pásového dopravníku [8]

- 1 – dopravní pás, 2 – hnací bubem a poháněcí stanice, 3 – vratný bubem, 4 – vodící bubem,
5 – nosné a vratné válečky, 6 – násypka, 7 – napínací zařízení, 8 – stěrač dopravního pásu

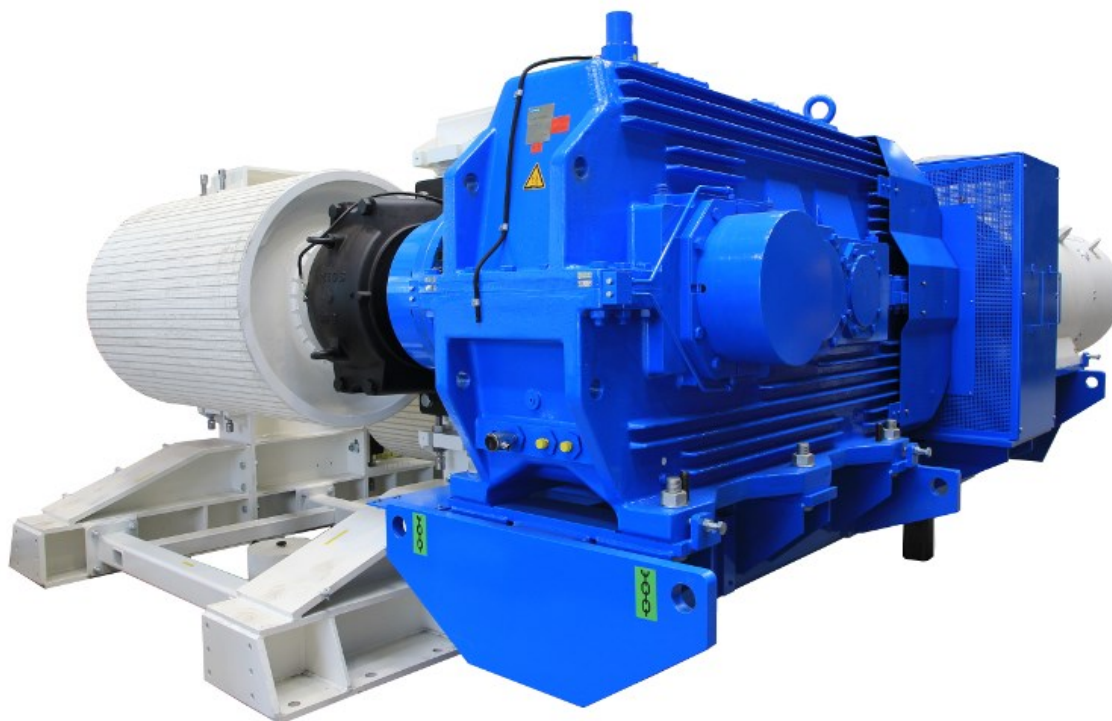
Hlavní části pásového dopravníku jsou:

- poháněcí stanice,
- vratná stanice,
- nosná konstrukce s válečky,
- napínací zařízení,
- shrnovací zařízení,
- dopravní pás,
- stěrač dopravního pásu.

2.2 Poháněcí stanice

Poháněcí stanice (Obr. 2.2) je určena pro přeměnu točivého momentu pohonu na tažnou sílu v dopravním pásu. Tento přenos točivého momentu se uskutečňuje pomocí tření mezi povrchem bubnu a dopravním pásem.

Poháněcí stanice se skládá z hnacího bubnu, motoru, spojky, převodovky a brzdy. Hnací bubem je buď svařované, nebo lité konstrukce a často je na povrchu pogumován nebo opatřen vzorkem. [1]



Obr. 2.2 Poháněcí stanice pásového dopravníku [9]

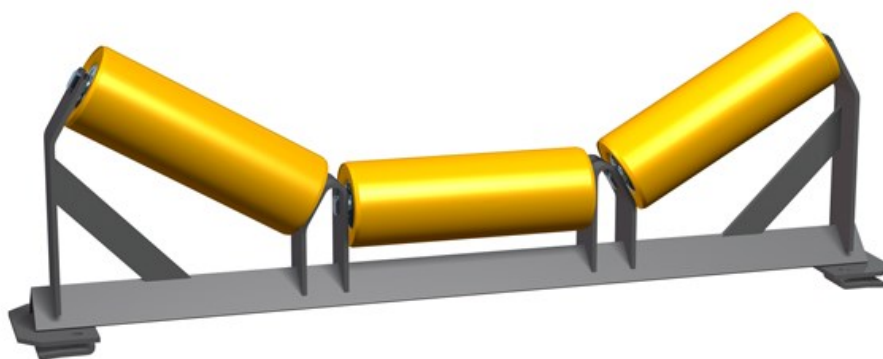
2.3 Vratná stanice

Vratná stanice neslouží k přenosu točivého momentu z pohonu na pás, ale ke změně směru pohybu pásu a zachycení tahové síly pásu. Zpravidla je vratný buben středěný pomocí stavěcích šroubů. Vratná stanice se u kratších dopravníků používá k napínání pásu.

2.4 Nosná konstrukce s válečky

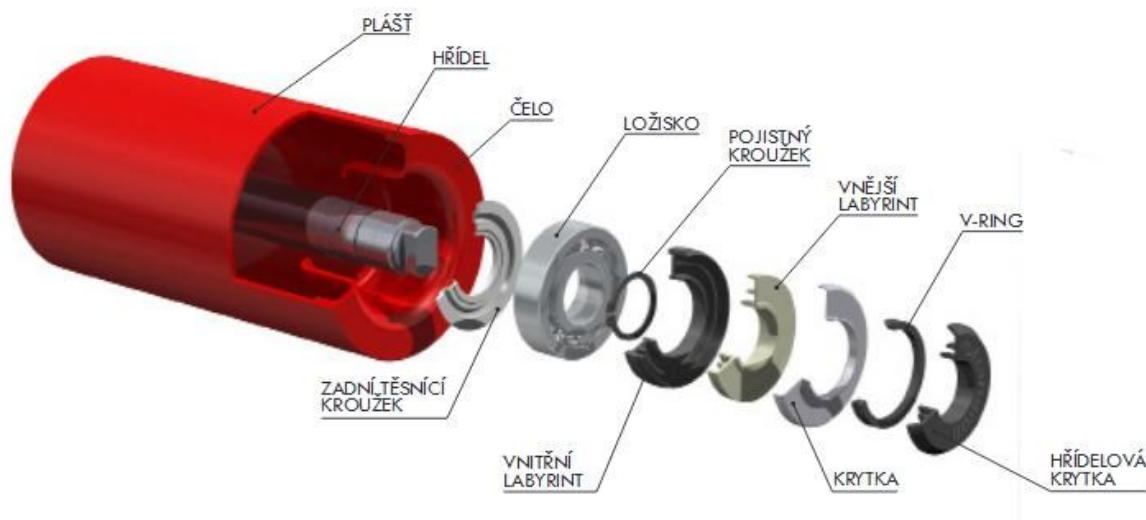
Nosná konstrukce představuje trať pásového dopravníku mezi vratným a výsypným bubnem. Konstrukce podepírá a vede dopravní pás dopravníku v horní i spodní větvi. Skládá se ze stojanů, podélných nosníků s podpěrami a válečků horní a spodní větve.

Pro zvýšení dopravního výkonu pásového dopravníku může být použito korýtkové provedení horní větve dopravníku (Obr. 2.3). Toto provedení také zajišťuje lepší vedení dopravního pásu.



Obr. 2.3 Korýtkové uspořádání horní větve dopravníku [10]

Válečky (Obr. 2.4) jsou jednou z nejdůležitějších součástí pásového dopravníku a ve velké míře ovlivňují jeho provozní vlastnosti. Měly by mít nízký odpor proti otáčení, jednoduchou a robustní konstrukci a malou vlastní hmotnost. Obvykle se válečky vyrábí z neopracovaných jakostních ocelových trubek s nalisovanými čely, osou uloženou ve valivých ložiscích s tukovou náplní uzavřenou těsněním proti vnikání nečistot. [1]



Obr. 2.4 Váleček pásového dopravníku [10]

2.5 Napínací zařízení

Pásový dopravník musí být vybaven napínacím zařízením (Obr. 2.5), zajišťujícím dostatečné předpětí dopravního pásu, které uskutečňuje přenos tažné síly třením z hnacího bubnu na pás. Napínací zařízení také zamezuje nadměrnému průhybu dopravního pásu mezi válečkovými podpěrami.

Principiálně dělíme napínací zařízení do dvou skupin:

- napínací zařízení kompenzující pouze trvale prodloužení pásu (pevný napínací buben),
- napínací zařízení kompenzující trvalé a pružné prodloužení pásu (posuvný napínací buben). [1]

Napínací zařízení první skupiny je vhodné jen pro kratší dopravníky a provádí se pohybem vratného bubnu.

U druhé skupiny se při změně tahu v dopravním pásu napínací zařízení pohybuje, a tak kompenzuje změnu jeho délek. Zajištění konstantní napínací síly je nejjednodušší pomocí závaží. Pro nejdelší pásové dopravníky se používají napínací zařízení pneumatická, elektrická a elektrohdraulická.



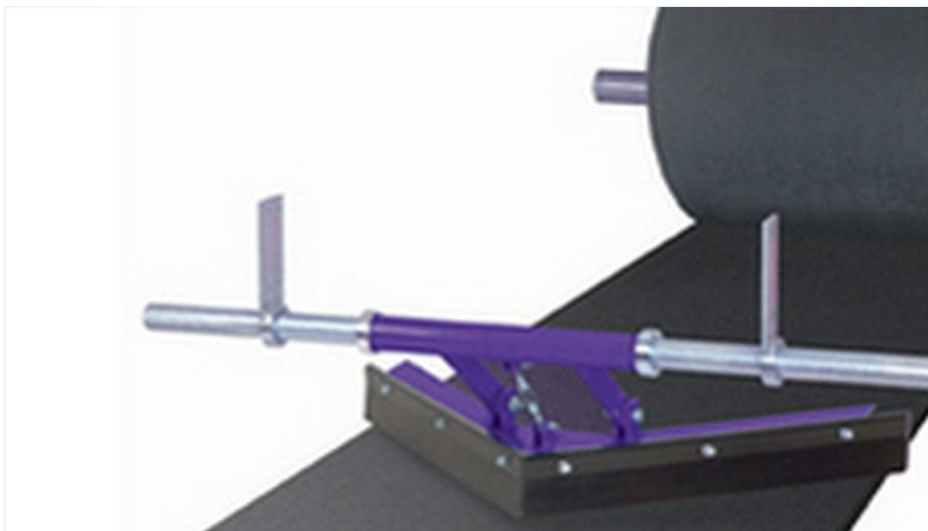
Obr. 2.5 Ukázka napínacího zařízení [9]

2.6 Shrnovací zařízení

Materiál může být z pásového dopravníku odváděn buď na výsypném bubnu, nebo v libovolné části tratě prostřednictvím shazovacího vozu či shrnovače.

Shrnovače (Obr. 2.6) mohou být jak jednostranné, tak i oboustranné, umístěny v jednom nebo několika místech pásového dopravníku. Pohyb shrnovačů do nepracovní polohy a zpět zajišťují hydraulické anebo pneumatické přímočaré motory.

Pro odvod materiálu po celé délce pásového dopravníku se používá shazovací vůz. Shazovací vůz má vlastní pohon podvozku a pojíždí po trati dopravníku, pneumatikách nebo po kolejkách po zemi. Prostřednictvím dvou převáděcích bubnů tvoří přesyp na příčně umístěný dopravník, který odvede materiál do strany.

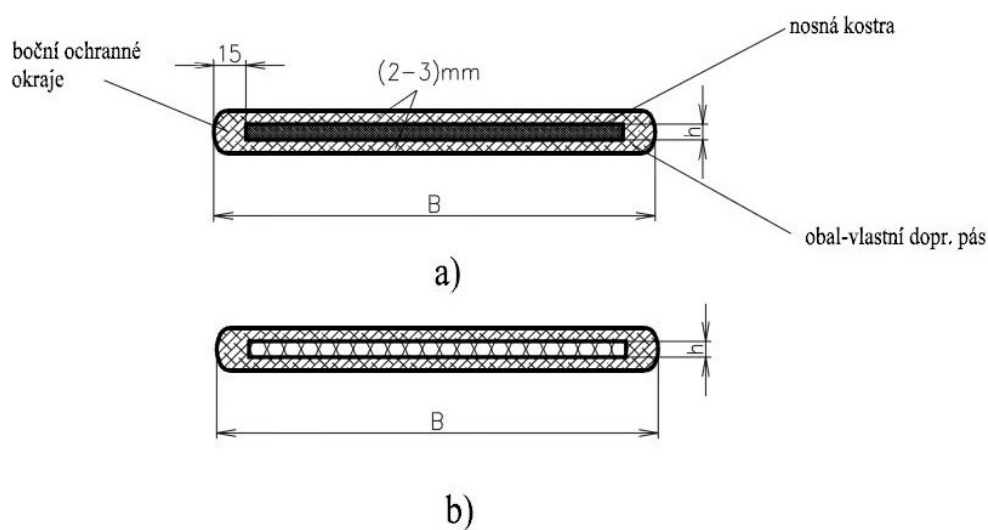


Obr. 2.6 Shrnovač oboustranný [viz zdroje 6]

2.7 Dopravní pás

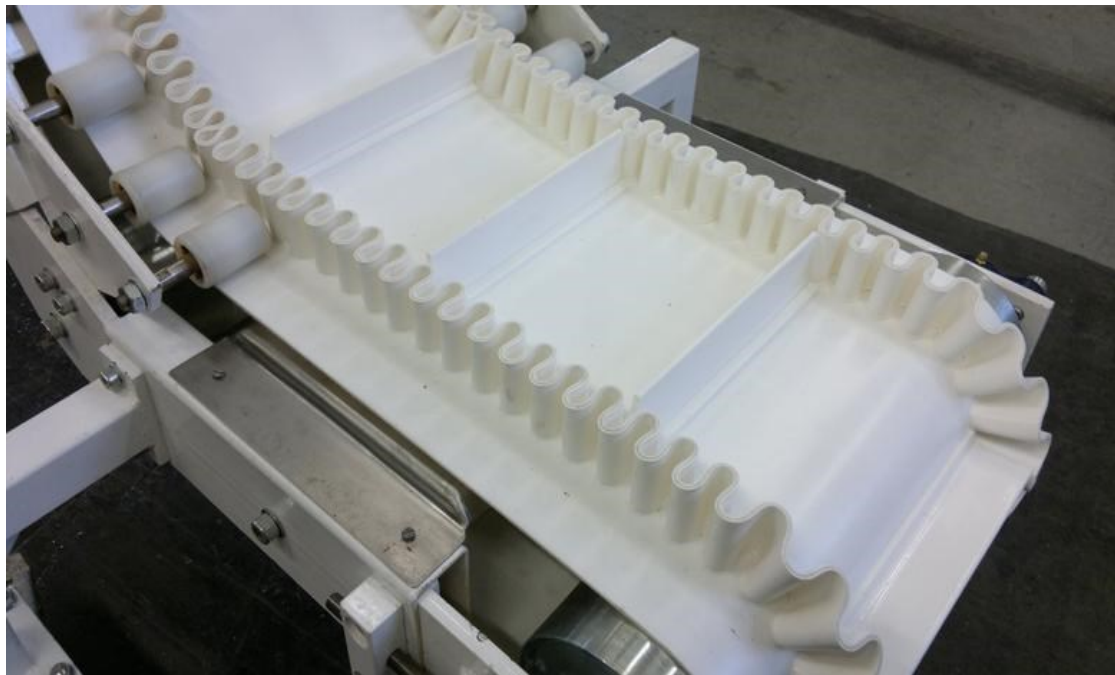
Dopravní pás je nejdůležitější část pásového dopravníku. Nekonečný dopravní pás obíhá okolo koncových bubnů a vykonává funkci nesení materiálu, břemen či osob. Také přenáší tažné síly a odpory vznikající při oběhu pásu. Nároky na dopravní pás jsou vysoké. Měly by být odolné proti opotřebení, vlivu působení dopravovaného materiálu, vysoká životnost, vysoká podélná tuhost, odolávat střídavému namáhání a malá hmotnost. [1]

Dopravní pás je zpravidla tvořen nosnou kostrou, přenášející tahová namáhání, horní a dolní krycí vrstvy s bočními okraji. Nosná kostra se obvykle skládá z textilních či ocelových vláken, při větším tahovém namáhání. Krycí vrstvy dopravního pásu jsou vyrobeny z gumy nebo PVC (Obr. 2.7).



Obr. 2.7 Základní konstrukce dopravního pásu s a) textilní vícevrstvou kostrou, b) kostrou z ocelových lanek [1]

Pásový dopravník s klasickým dopravním pásem může dopravovat materiál do sklonu 18 až 20° dle dopravovaného materiálu. Pokud chceme dosáhnout většího sklonu, musíme upravit dopravník nebo dopravní pás. Dopravní pás se pro tyto účely opatřuje příčnými žebry nebo zvlněním boční stěny, která je připevněna k pásu (Obr. 2.8). Tyto úpravy zvýší ložný průřez dopravníku, a také sklon dopravníku až do 90°. Nevýhoda takto upravených pásů je komplikované čištění a složité vedení pro vratnou větev.



Obr. 2.8 Dopravní pás s žebry a vlnovcem [11]

Rozdělení dopravních pásů podle druhu a provedení dle normy ČSN 26 0001 na:

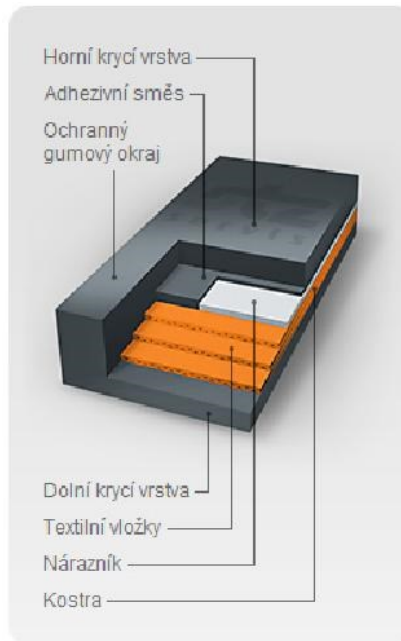
- dopravní pásy s kostrou – textilní, ocelová nebo speciální kostra,
- dopravní pásy bez kostry – textilní, ocelové nebo pletivové (drátěné) pásy.

Dopravní pás bez kostry je tvořen jedním druhem materiálu, který poskytuje pásu pevnost pro podélný a příčný směr. Tyto dopravní pásy jsou především určeny k technologické a mezioperační dopravě kusového materiálu na krátké vzdálenosti.

Dopravní pás s kostrou je tvořen nosnou kostrou a krycím elastickým materiálem. Elastický materiál poskytuje ochranu a pružné spojení mezi vložkami kostry pásu. Zpravidla se používá jako elastický materiál pryž, polyvinylchlorid a polyuretan.

2.7.1 Pryžový dopravní pás s textilní vložkou

Základ pryžového dopravního pásu je nosná kostra tvořená z jedné či několika textilních vložek. Tyto vložky jsou pokryty adhesivní směsí (mezivrstvou). Kostru chrání před poškozením krycí vrstva z pryžového materiálu, navíc při použití v těžkých provozech kostru chrání tzv. nárazník, který tlumí nárazy materiálu dopadajícího na pás. Nárazník se umísťuje pouze pod horní krycí vrstvu pásu (Obr. 2.9).



Obr. 2.9 Skladba pryžového pásu s textilní vložkou [7]

2.7.2 Dopravní pás s ocelovou kotrrou

Dopravní pás (Obr. 2.10) používány u dopravníku s velkým výkonem, pracujících v těžkých podmínkách.

Kostru tvoří vysokopevnostní ocelová lanka, která chrání krycí vrstvy, nejčastěji vyrobeny z pryže. Tyto dopravní pásy mají výbornou rozměrovou stálost, nejsou náchylné na protažení či deformaci, účinkem působení tahové síly. Lanka jsou obvykle pozinkovaná proti korozi. Pevnost pásu závisí na počtu a průměru lan. Adhezivní směs, kterou většinou tvoří pryž, spojuje a určuje vzájemnou polohu mezi ocelovými kordy. [7]



Obr. 2.10 Dopravní pás s ocelovou kostrou [7]

V příloze A diplomové práce jsou dále popsány krycí vrstvy dopravních pásů, textilní vložky a také spojování dopravních pásů.

2.8 Stěrač dopravního pásu

U pásových dopravníků je pro bezporuchový provoz rozhodující čištění dopravního pásu od zbytku materiálu. Především u vratné větve, kde se podpěrné válečky dostávají do přímého styku se stranou pásu, na které se v horní větvi přepravuje materiál. Pokud by dopravník neobsahoval čistič dopravního pásu, následovalo by znečišťování válečků, které by vedlo k jejich nadměrnému opotřebení a také k poškození dopravního pásu vtlačováním materiálu. Další výhodou použití stěrače dopravního pásu je úspora finančních prostředků na údržbu pásového dopravníku a okolního prostoru dopravníku, který není znečišťován padajícím materiálem ze znečištěného dopravního pásu.

Mezi nejčastěji aplikované materiály u stěračů pásových dopravníků patří ocel, guma, polyuretan či dřevo.

Ocelové stěrače se vyznačují dlouhou životností, avšak flexibilita těchto stěračů je minimální, což má za následek nedokonalé čištění dopravního pásu. Jejich další nevýhodou je intenzivnější opotřebení dopravního pásu.

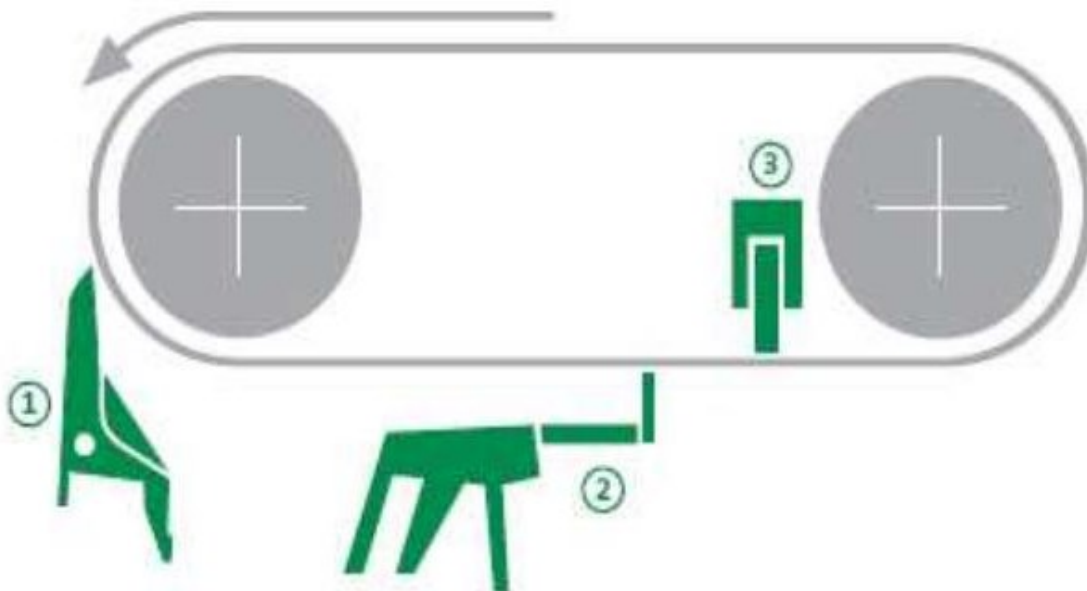
Guma díky dobré flexibilitě disponuje výborným čistícím účinkem. Nevýhodou těchto stěračů je jejich vysoké opotřebení a nutnost výměny stěrače. Proto je používání těchto stěračů u pásových dopravníků na ústupu.

Polyuretan využíváme pro jeho dlouhou životnost, je velmi často využíván k čištění dopravních pásů. Kvůli tvrdosti těchto stěračů dochází k nedokonalému čištění dopravního pásu. Nevýhodou je také nutnost častého seřizování, pro dobré přiléhání k dopravnímu pásu.

Dřevo není považováno za technické řešení, avšak dubová deska použitá jako stěrač má spoustu výhod. Mezi hlavní výhody patří to, že nepoškozují dopravní pásy a výměna stěrače je rychlá a levná.

Stěrače dopravních pásů (Obr. 2.11) můžeme rozdělit do čtyř základních skupin:

- čelní stěrače (primární),
- spodní stěrače (sekundární),
- vnitřní stěrače,
- speciální stěrače.



Obr. 2.11 Stěrače pásového dopravníku - 1. čelní stěrač, 2. spodní stěrač, 3. vnitřní stěrač [11]

2.8.1 Čelní stěrače

Čelní stěrače se umísťují přímo u shozu na vratném bubnu. Toto zařízení se používá tam, kde je požadavek na stírání materiálu přímo do násypky, anebo kde je nedostatek prostoru pro jiné čistící zařízení.

2.8.2 Spodní stěrače

Spodní stěrače se umísťují na spodní větev dopravníku za osu vynášecího bubnu. Vzhledem k tomuto umístění břit stěrače dokonale kopíruje dopravní pás a dochází k ideálnímu čištění pásu. Materiál, který je setřen z pásu dopravníku se obvykle odvádí do skluzu nebo do zadní

části násypky. Při použití stírací lišty v celku, je zamezeno úniku materiálu jako u segmentových čistících zařízení.

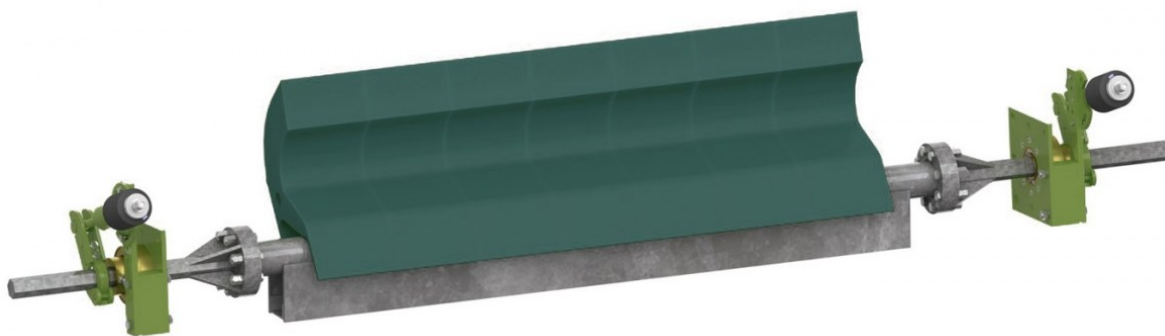
2.8.3 Vnitřní stěrače

Vnitřní stěrače se umísťují na vnitřní stranu spodní větve dopravního pásu, pokud možno v co neménší vzdálenosti od vratného bubnu. Zabraňuje poškození hnacího a hnaného bubnu odstraněním nečistot z vnitřní strany dopravního pásu. Tyto stěrače čistí dopravní pás hlavně od nečistot, které propadly mezerami v mechanických spojích dopravního pásu.

Je mnoho typů stěračů, v diplomové práci jsou uvedeny některé typy stěračů od firmy Schulte Strathaus a Flexco.

Čelní stěrače série 600 pro těžký provoz od firmy Schulte Strathaus

Stěrače segmentové z celopolyuretanovým tělesem (Obr. 2.12), používáme pro pásy široké až 3400 mm a pro rychlosti pásu přesahující 3 m/s. Tyto stěrače jsou vhodné pro reverzní otáčky pásu pásového dopravníku. [12]



Obr. 2.12 Stěrač série 600 pro těžký provoz [12]

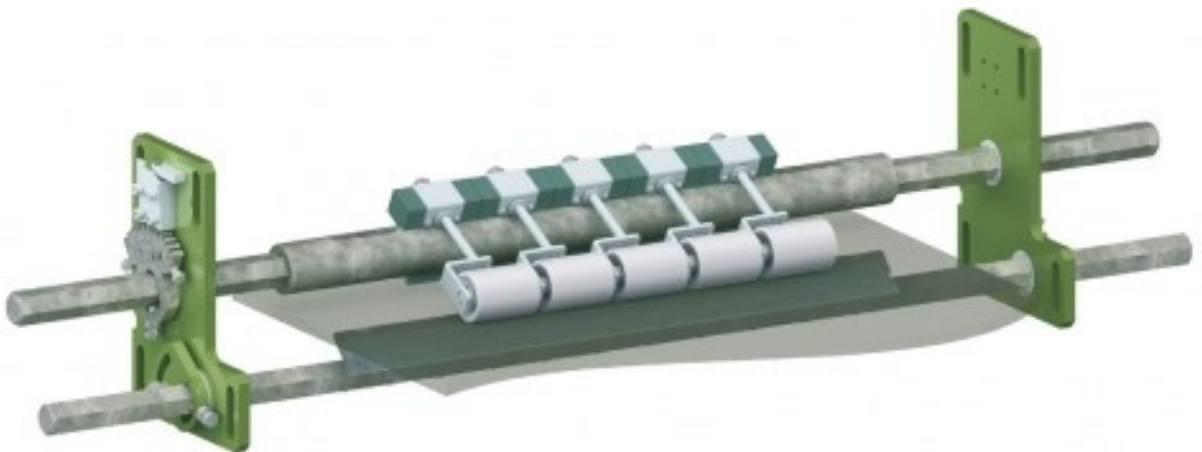
Pro použití v těžkých provozech je tento stěrač opatřen pákovým přitlačným zařízením s pružinou (Obr. 2.13). Toto zařízení umožňuje jednoduché nastavení přitlačné síly pomocí válcových pružin, má velice robustní konstrukci a flexibilní možnosti nastavení. [12]



Obr. 2.13 Napínací zařízení pro stěrače série 600 pro těžký provoz [12]

Spodní stěrače série 500 od firmy Schulte Strathaus

Tyto stěrače slouží k čištění dopravních pásů pro dopravu extrémně lepivých a abrazivních materiálů. U těchto stěračů jsou naproti stírací liště umístěny segmentové přitlačné válečky (Obr. 2.14), které přitlačují dopravní pás ke stírací liště. Tento typ stěračů je vhodný pro reverzní otáčky pásu pásového dopravníku. [12]



Obr. 2.14 Stěrač série 500 [12]

Spodní stěrače série Y-TYPE Secondary Cleaner od firmy Flexco

Stěrače segmentové v provedení z celopolyuretanovým tělesem, s karbidovým ostřím nebo v potravinářské úpravě (Obr. 2.15). Pomocí pružiny je zajišťována konstantní přitlačná síla na pás. Tyto stěrače jsou vhodné pro reverzní otáčky pásu pásového dopravníku. Použití pro šířky pásů od 450 mm do 1800 mm. [13]



Obr. 2.15 Stěrač série Y-TYPE Secondary Cleaner [13]

Spodní stěrač série U-TYPE Secondary Cleaner od firmy Flexco

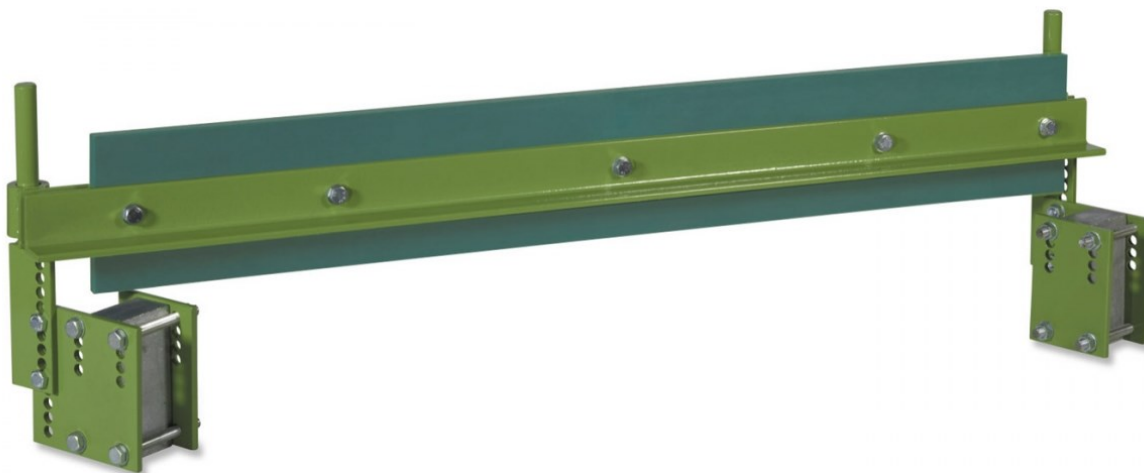
Tento stěrač (Obr. 2.16) má vynikající účinnost čištění pásu především v náročných aplikacích s mokrým a lepivým materiálem. Tvar do písmene U odpovídá tvaru pásu a umožňuje efektivnější odstranění nečistot. Tento stěrač může být umístěn v libovolném místě na vratné větvi dopravníku. Použití v dolech a lomech při těžbě nerostů, kameniva v šířkách pásů od 450 mm do 2100 mm. [13]



Obr. 2.16 Stěrač série U-TYPE Secondary Cleaner [13]

Vnitřní stěrač série 240 od firmy Schulte Strathaus

Tento typ vnitřního stěrače má stírací lištu z polyuretanu v jednostranném provedení odvodu nečistot (Obr. 2.17). Lišty mohou být také tvaru pluhy a odvádět tak nečistoty na obě strany dopravníku. [12]



Obr. 2.17 Vnitřní stěrač série 240 [12]

2.8.4 Speciální čistící zařízení

Tyto zařízení se používají u dopravních pásů, kde podmínky prostředí nebo druh dopravovaného materiálu neumožňuje použití klasických metod čištění dopravních pásů. Speciální čistící zařízení bývají aplikována buď jako sekundární čistící zařízení, kde primární zařízení je stěrač nebo jsou umístěny na dopravník zcela samostatně.

Druhy speciálních čistících zařízení jsou:

- kartáče,
- vodní trysky,
- vibrační čistič,
- vyhřívaný lištový stěrač,
- vzduchový stěrač,
- a parní čistič.

Kartáče

Kartáč pro čištění pásového dopravníku by měl být umístěn na vratné větvi dopravníku za hlavou bubnu. Umístění tohoto kartáče je nejvhodnější v blízkosti kladek pro dosažení stálého tlaku na pás. Pro zajištění správného čištění, by měl mít zvolený čistící kartáč větší šířku než dopravní pás.

Kartáče můžeme rozdělit na motorové, které se otáčejí proti směru chodu pásu a bezmotorové (Obr. 2.18), které volně rotují pouze při chodu pásu. Kartáčové lamely (štetiny) bývají v provedení z pryže, polyuretanu nebo oceli. Lamely mohou být kruhového nebo obdélníkového tvaru.

Čistící kartáče se používají pro odstraňování kamínku zatlačených do pásu, písku cementu apod. [13]

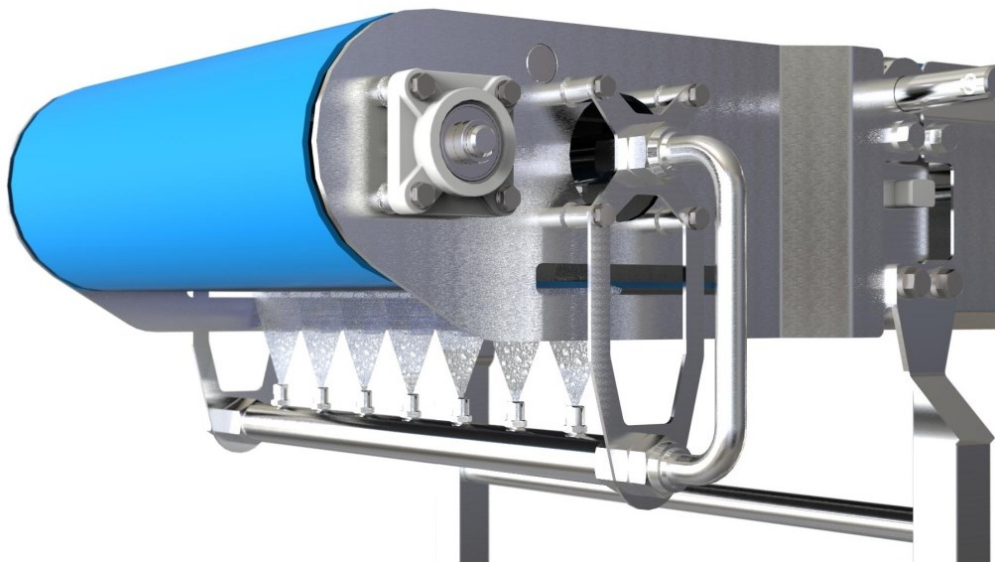


Obr. 2.18 Čistící kartáč od firmy Flexco [13]

Vodní trysky

Vodní trysky (Obr. 2.19), můžou být aplikovány na pásový dopravník samostatně nebo v součinnosti s mechanickými stěrači. Čištění probíhá za pomoci vody, která je pod vysokým tlakem tryskána na znečištěný pás a tím odstraňuje nalepený materiál. Trysky bývají nakloněny pod úhlem 45° a tlak vody je regulovatelný. Při použití vodních trysek s mechanickým stěračem, pomáhají trysky čistit pás a také prodlužovat životnost mechanického stěrače. Vodní čištění snižuje také prašnost v okolí dopravníku. Nevýhodou tohoto způsobu čištění pásových dopravníků je nutnost údržby trysek a znečištění okolí dopravníku zbytkovou vodou. [14]

Používají se pro čištění dopravních pásů dopravujících vysoce lepidelné či prašné materiály.

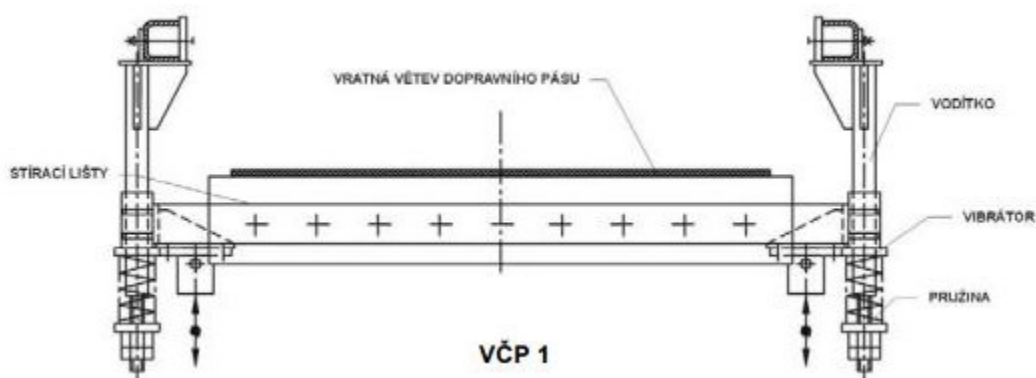


Obr. 2.19 Čištění pásu vodními tryskami [14]

Vibrační čistič

Vibrační čistič pásů (Obr. 2.20) je zařízení sloužící k odstranění nečistot z dopravního pásu. Tento čistič je složený ze dvou vodítek, které jsou upevněny na rámu vratné větve, rámu sběrače a pneumatických vibrátorů. Rám sběrače, kde jsou umístěny stírací lišty, je osazen na svislých vodítkách a pomocí pružin je přitlačován k dopravnímu pásu. Vibrátory se umísťují na obě strany rámu sběrače.

Vibrační čistič je způsobilý pro použití povrchových i v důlních provozech. [15]



Obr. 2.20 Vibrační čistič od firmy KOEXPRO [15]

Vyhřívavý lištový stěrač

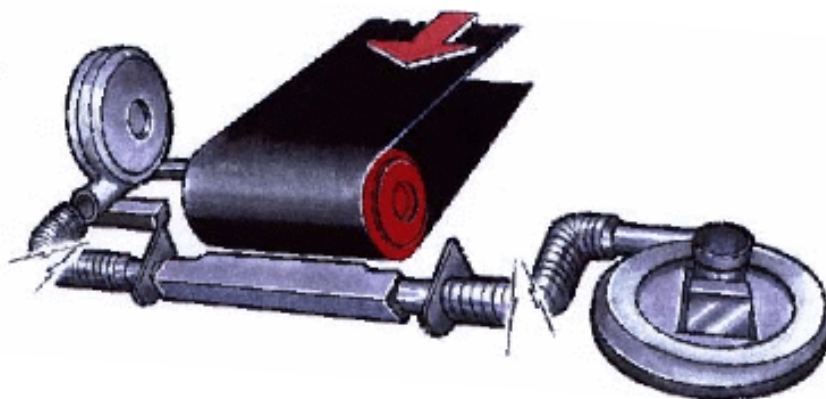
Vyhřívavý lištový stěrač od firmy M-Technik (Obr. 2.21) je vybaven trojicí trubkových ohříváčů, napájených ze sítě 230/400 V a s vestavěným termostatem. Rozsah vnitřního termostatu je 0 - 95°C a rozsah venkovního termostatu -10 až + 40°C. Provozní teplota je od -45°C. [16]



Obr. 2.21 Vyhřívavý lištový stěrač od firmy M-Technik [16]

Vzduchový stěrač

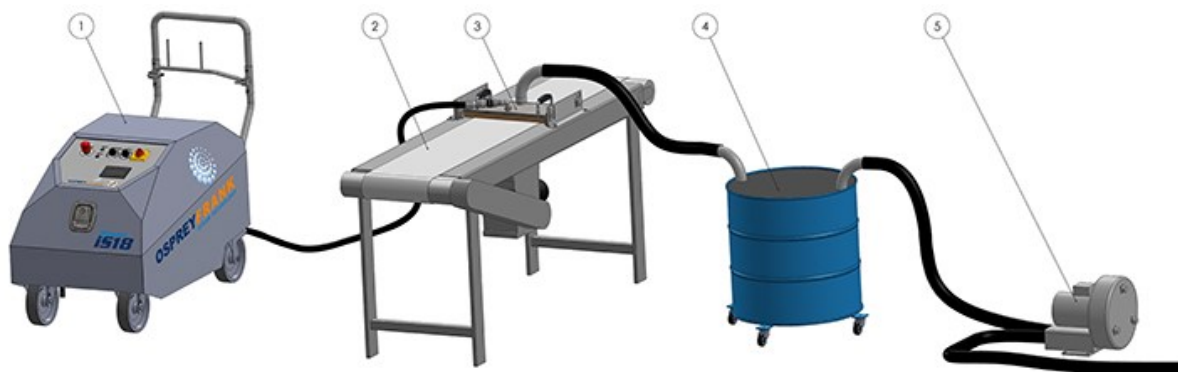
Vzduchový stěrač (Obr. 2.22) slouží k odstranění zrnitých materiálů z dopravního pásu. Vzduch je pod tlakem vysokou rychlostí foukán na dopravní pás, a tím odstraňuje nečistoty z pásu. Vzduchové stěrače jsou vyráběny v provedeních s různými tlaky a také pro použití v různých podmínkách. V provedení s nejvyššími tlaky můžou čističe odstraňovat mokré i lepkavé materiály. Při čištění dopravního pásu vzduchovým stěračem nedochází k žádnému mechanickému kontaktu, a proto nedochází k opotřebení dopravního pásu ani dílů stěrače. Vzduchový stěrač je také vhodný pro čištění pásu od chemicky agresivních materiálů. [17]



Obr. 2.22 Vzduchový stěrač od firmy Hoverdale [17]

Parní čistič

Parní čističe dopravních pásů (Obr. 2.23) se používají zejména v potravinářském průmyslu a to kvůli splnění hygienických požadavků při manipulaci s potravinami. Parní čištění pracuje s technologií suché páry, díky které zanechává dopravní pás čistý a suchý. Tyto čističe provádějí také zároveň dezinfekci dopravního pásu. Vzhledem k absenci pohyblivých dílů je vyloučená kontaminace výrobku. [18]



Obr. 2.23 Parní čistič od firmy Osprey Frank [18]

3 Odprášení přesypu pásové dopravy

Těžební a dopravní procesy při dobývání a zpracování nerostných surovin jsou takovými procesy, kdy nelze předcházet vzniku prachových částic. Díky tomu tyto procesy negativně ovlivňují pracovní i životní prostředí.

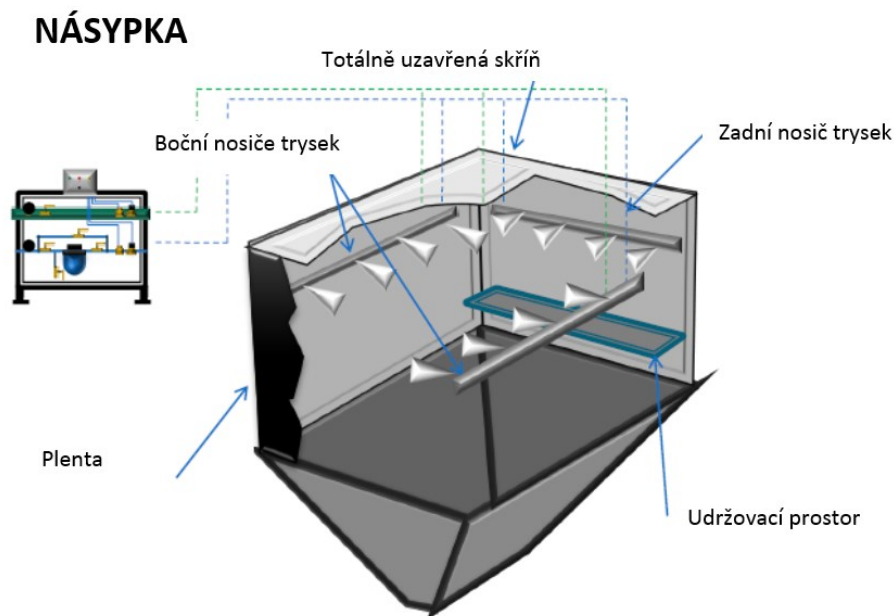
V dnešní době jsou používána hlavně dvě technická řešení k zamezení úniku prachu z přesypů do ovzduší. První řešení je tzv. Mokrý cesta likvidace prašnosti (Obr. 3.1), při které se pro snížení prašnosti využívá rozprašování vody. Druhé řešení je tzv. Suchá cesta, kterou reprezentuje především odsávání prachu a jeho následné odstranění ze vzdušiny pomocí filtračních zařízení.

Společným jmenovatel těchto dvou řešení je zakrytování přesypů různými kryty, které umožňují utěsnit přesypy dopravníků.

3.1 Mokrý cesta likvidace prašnosti

Mokrou cestu likvidace prašnosti může rozdělit do dvou základních skupin:

- prosté zvlhčení dopravovaného materiálu,
- a mlžení prostoru přesypu.



V technické praxi, při instalaci zařízení pro odprášení přesypu mokrou cestou se setkáváme především se dvěma názvoslovnými pojmy a to skrápění a mlžení.

Skrápění

Skrápění snižuje úlet materiálu a tvorbu prachových částic namáčením prašného materiálu vodou. Při skrápění voda prochází postřikovou tryskou nebo kropítkem. Největší vliv na účinnost skrápění má smáčivost volných prachových zrn daného materiálu. Pro zvýšení účinnosti se používají různé speciální přísady. Skrápění se používá především tam, kde nezáleží na změně původní velikosti materiálu, jelikož spotřeba vody je mnohem vyšší než při mlžení. Tlak vody v těchto zařízeních je asi 0,1 – 0,2 MPa. [22]

Mlžení

Při mlžení je prašnost snížena vodou, procházející speciálními tryskami pod vysokým tlakem. Voda je v tryskách rozprašována na aerosol, který na sebe váže zvířený prach. Působením gravitační síly na prachové částice, které jsou mnohonásobně těžší, se rychle usazují. Při nesmáčenlivosti povrchu zrn prachu je také možné použít smáčedla. Spotřeba vody při mlžení je několikanásobně menší než při skrápění. V těchto zařízeních se běžně používá voda, která má tlak 2 – 8 MPa a v některých případech až desítky MPa.

Pro mlžení se využívají tyto principy:

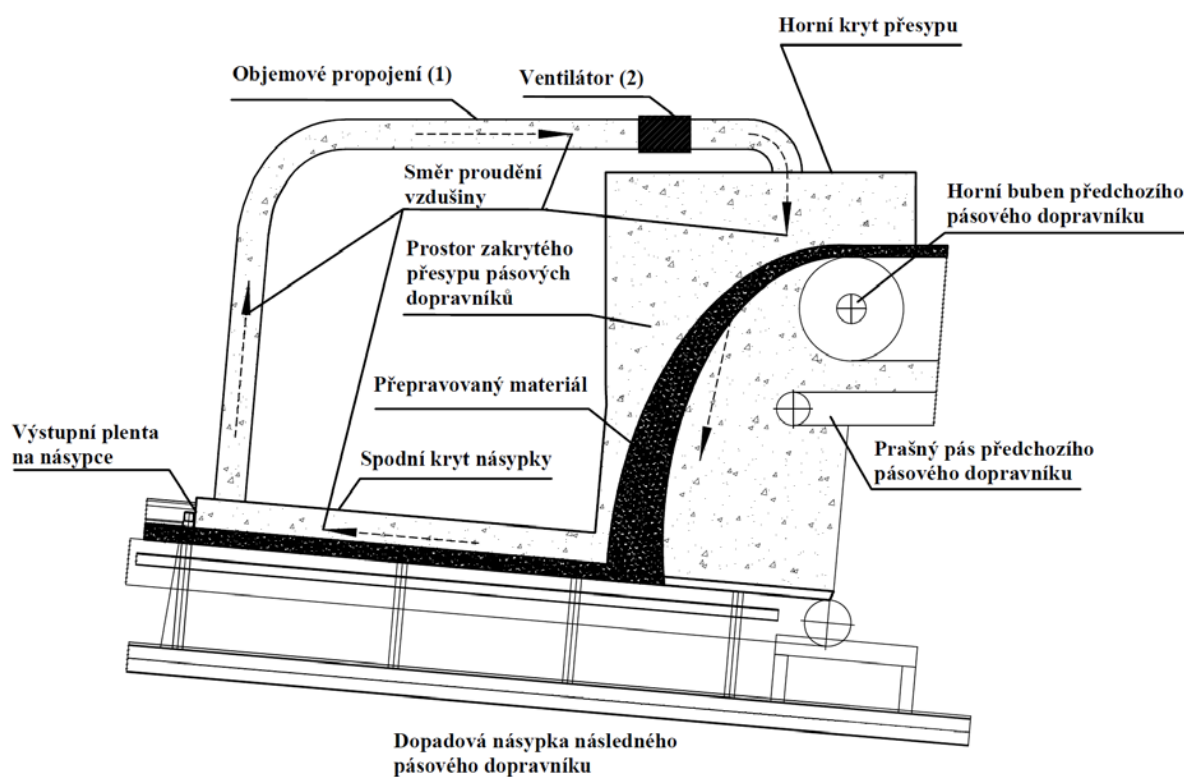
- jednofázové rozprašování (tzv. hydraulické),
- dvoufázové rozprašování (tzv. vzduchové),
- ultrazvukové rozprašování,
- rozprašování rotačními atomiséry.

Na povrchových lomech a úpravách materiálu se nejčastěji setkáváme s prvními dvěma způsoby. Při hydraulickém principu je voda rozprašovaná pomocí vysokého tlaku. U vzduchového principu dochází k dvoufázovému rozprašování vody pomocí vzduchu pod vysokým tlakem. Ultrazvukové rozprašování využívá k rozmlžování vody chvění pizokeramického prvku. Rotační atomiséry rozmlžují vodu pomocí odstředivé síly, kterou vyvine rotační zařízení. [22]

3.2 Suchá cesta likvidace prašnosti

Při zakrytování a utěsnění přesypu liniové dopravy, nezamezíme úniku prachových částic do okolí, z toho důvodu se při suché cestě likvidace prašnosti využívá vzduchotechnika. V zakrytovaném prostoru vzniká přetlak vzdušiny, který se vytvoří při vstupu přepravovaného materiálu do přesypu, strhávající s sebou vzduch. Při přetlaku dochází k úniku prachu do okolí. Pro zamezení úniku prachu se aplikuje objemové propojení horního a spodního krytu, při kterém nedojde k přetlaku a prach je odváděn pomocí vzduchotechniky zpět do horní části přesypu (Obr. 3.2). [22]

Při suchém odprášení může být také použito odvodu prachu pomocí vzduchotechniky do kontejneru.



Obr. 3.2 Příklad suché cesty likvidace prašnosti [22]

4 Návrh čistícího zařízení

Úkolem této práce bylo navrhnout čistící zařízení umístěné na vnitřní stranu spodní větve dopravního pásu, který odnáší materiál z přesypu. Požadavkem bylo zabránit především poškození dopravního pásu a bubnu dopravníku.

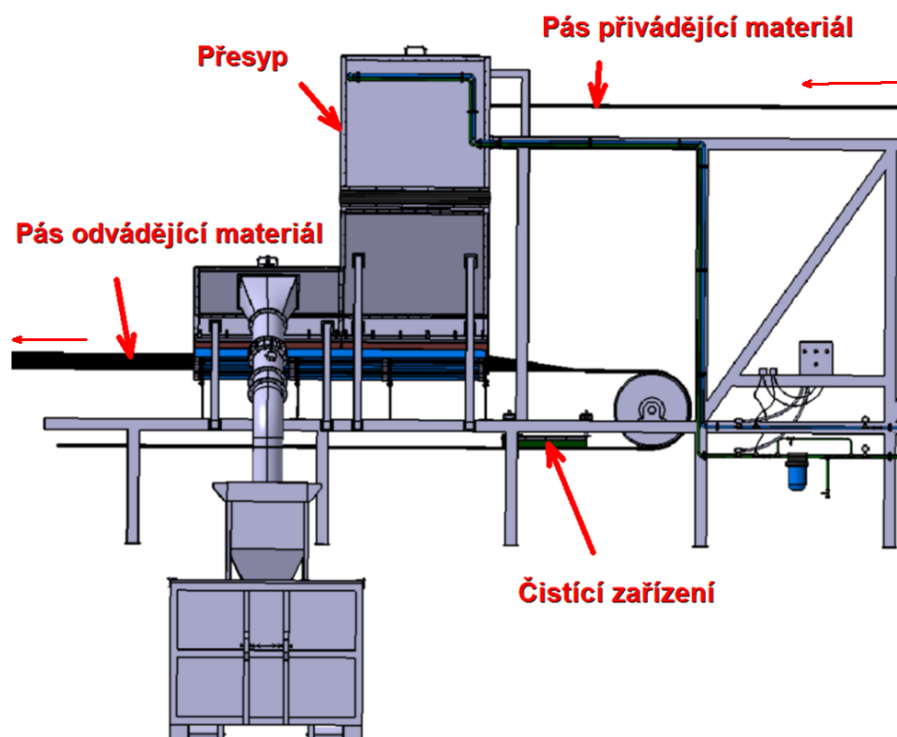
Při návrhu čistícího zařízení dopravního pásu se konstruktér musí držet základních požadavků, které obdrží od zákazníka. Tyto požadavky by měly například obsahovat to, v jakém prostředí bude čistič pracovat, frekvenci požití, nároky na údržbu, náklady na provoz apod. Velice důležité je, aby každé navržené čistící zařízení bylo jednoduché na obsluhu a nastavení přitlačné síly.

4.1 Zadané parametry

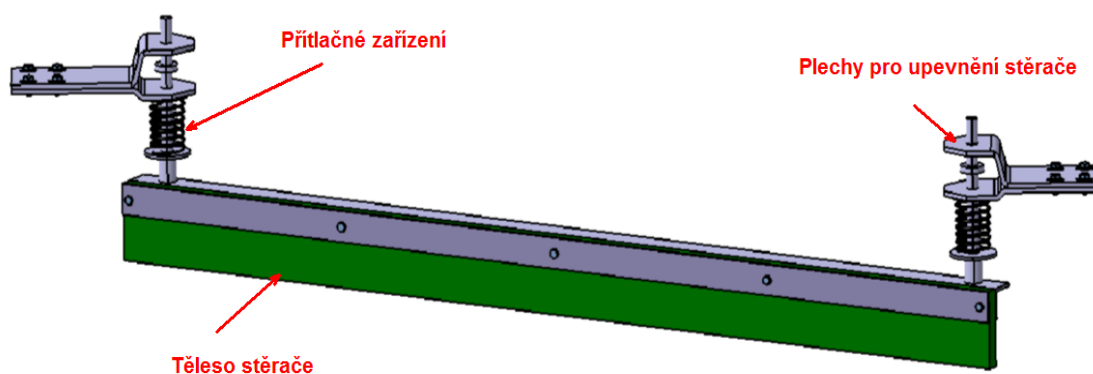
Pro diplomovou práci byly zadány následující parametry.

- Dopravovaný materiál: hnědé uhlí
- Dopravní výkon: $Q = 1400 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$
- Výška přesypu: $H = 2,8 \text{ m}$
- Rychlost dopravního pásu $v = 3,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Navržená sestava přesypu pásových dopravníků a umístění stěrače (Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Umístění stěrače v sestavě přesypu [23]

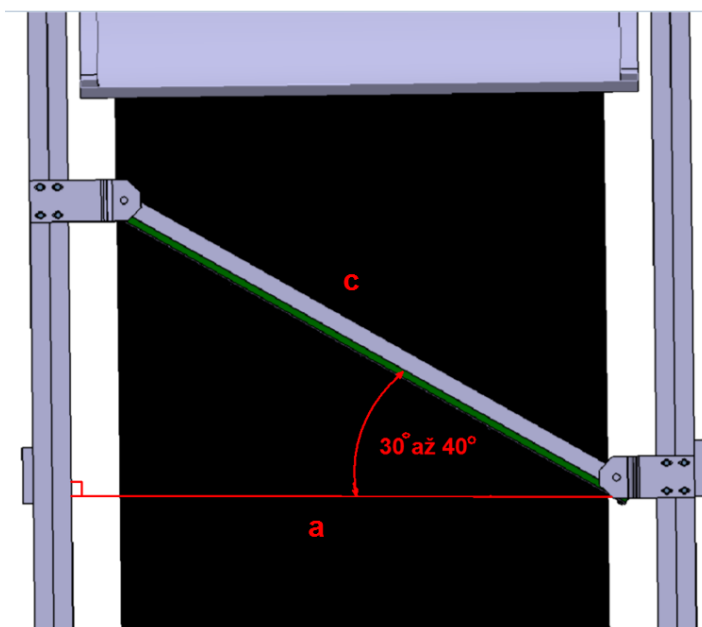


Obr. 4.2 Navržený vnitřní stěrač [23]

Navržený vnitřní stěrač (Obr. 4.2) se skládá z polyuretanového tělesa stěrače, které je uchyceno profilem L 50 x 5 - 1830 a plechem, pomocí 5 šroubů M8x40. Celé těleso stěrače je připevněno k přítlačnému zařízení, které zajišťuje dostatečný přítlak k čištěnému dopravnímu pásu. Přítlačné zařízení je posuvně uchyceno do plechů, kterými se celý stěrač připevňuje ke konstrukci dopravníku pomocí osmi šroubů M10x25.

4.2 Úhel natočení stěrače

Rozměry polyuretanového tělesa a oválné sloty, které se nacházejí na pleších pro uchycení do konstrukce, umožňuje nastavovat úhel stírání od 30° do 40° (Obr. 4.3). Tato možnost nastavení úhlu stírání umožňuje optimálního seřízení stěrače pro dosažení dobrých výsledků čistoty pásu.



Obr. 4.3 Rozsah natočení stěrače [23]

$$a = 1400 \text{ mm}$$

$$\text{úhel natočení} = 40^\circ$$

$$\cos(40^\circ) = \frac{a}{c_1} \rightarrow c_1 = \frac{a}{\cos(40^\circ)} \quad (5.1)$$

$$c_1 = \frac{1400}{\cos(40^\circ)}$$

$$c_1 = 1828 \text{ mm} \doteq 1830 \text{ mm}$$

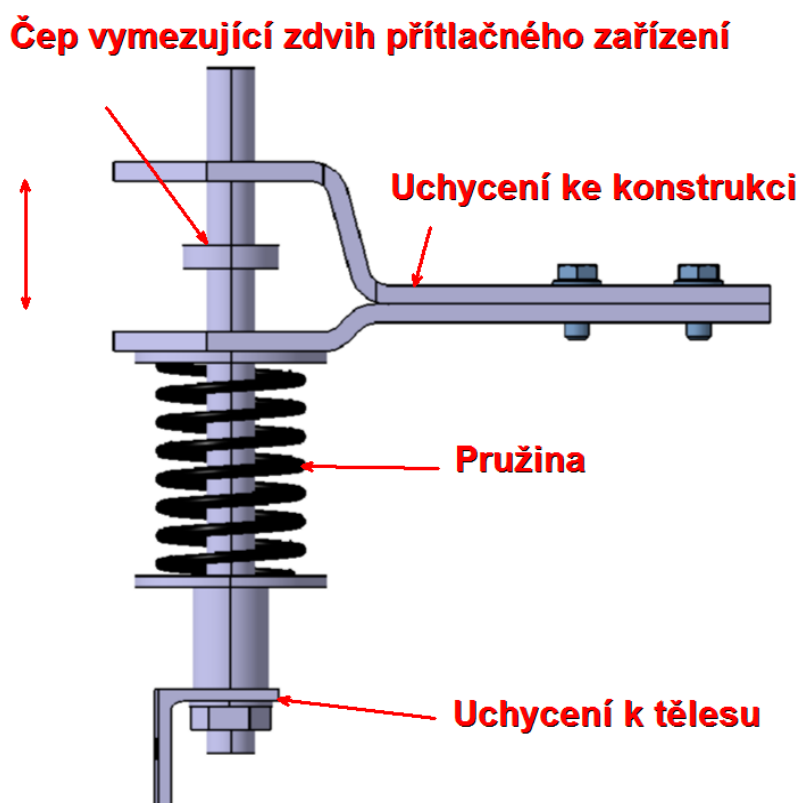
Pro úhel natočení 30° .

$$c_2 = \frac{1400}{\cos(30^\circ)}$$

$$c_2 = 1616 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

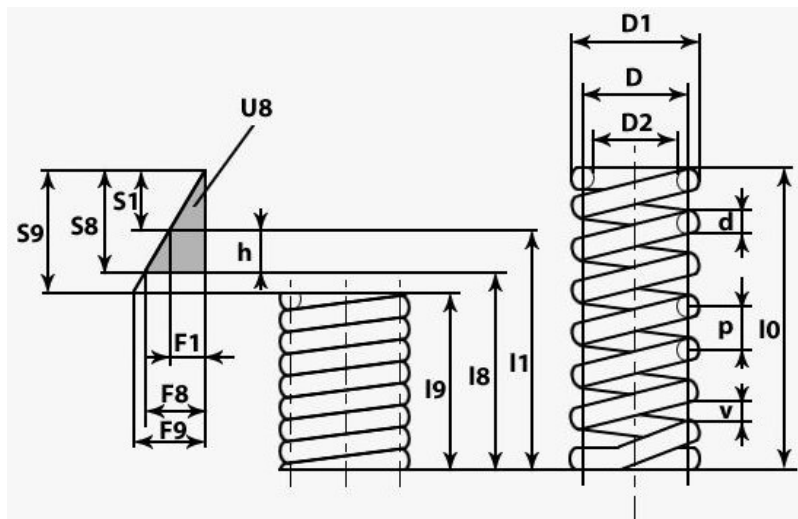
4.3 Přítlačné zařízení stěrače

Přítlačné zařízení (Obr. 4.4) se skládá z čepu průměru 20 mm, pružiny, dosedových talířů pro pružinu, dále z matice M20 s podložkou pro uchycení k polyuretanovému tělesu a nastavení přitlaku pružiny.



Obr. 4.4 Přítlačné zařízení stěrače [23]

4.3.1 Výpočet pružiny přítlačného zařízení stěrače



Obr. 4.5 Tlačná pružina [23]

Pro výpočet pružiny (Obr. 4.5) přítlačného zařízení stěrače jsou zvoleny následující hodnoty.

Materiál 12090

$R_m = 1300 \text{ MPa}$

$\tau_{Dov} = 0,50 \cdot R_m = 0,5 \cdot 1300 = 650 \text{ MPa}$

$D = 30 \text{ mm}$

$L_0 = 90 \text{ mm}$

$F_8 = 830 \text{ N}$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_8 \quad (5.2)$$

Krouticí moment

$$M_k = \frac{F_8 \cdot D}{2} \quad (5.3)$$

$$M_k = \frac{830 \cdot 30}{2}$$

$$M_k = 12450 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Modul průřezu v krutu

$$W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (5.4)$$

Předběžný průměr drátu pružiny

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_8 \cdot D}{\pi \cdot \tau_8}} \quad (5.5)$$

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 830 \cdot 30}{\pi \cdot 585}}$$

$$d' \geq 4,77 \text{ mm}$$

Napětí materiálu pružiny v krutu ve stavu plně zatíženém

$$\tau_8 = 0,9 \cdot \tau_{Dov} \quad (5.6)$$

$$\tau_8 = 0,9 \cdot 650$$

$$\tau_8 = 585 \text{ MPa}$$

Korekční součinitel napětí v krutu

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} \quad (5.7)$$

$$K = \frac{6 + 0,2}{6 - 1}$$

$$K = 1,24$$

Poměr vinutí

$$i = \frac{D}{d} \quad (5.8)$$

$$i = \frac{30}{5}$$

$$i = 6$$

$$\text{Pro } d \leq 11,8 \text{ mm je } 4 \leq i \leq 16.$$

Konečný průměr drátu

$$d = d' \cdot \sqrt[3]{K} \quad (5.9)$$

$$d = 4,77 \cdot \sqrt[3]{1,24}$$

$$d = 5,12 \text{ mm volím } d = 5 \text{ mm}$$

Vnější průměr pružiny

$$D_1 = D + d \quad (5.10)$$

$$D_1 = 30 + 5$$

$$D_1 = 35 \text{ mm}$$

Deformace stlačení

$$s_8 = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4} \quad (5.11)$$

$$s_8 = \frac{8 \cdot 830 \cdot 30^3 \cdot 7,5}{8,05 \cdot 10^4 \cdot 5^4}$$

$$s_8 = 26,7 \text{ mm}$$

kde: $n = 7,5$ – počet činných závitů pružiny [-]

$G = 8,05 \cdot 10^4$ – modul pružnosti ve smyku [MPa]

Tuhost pružiny

$$k = \frac{F_8 - F_1}{s_8} \quad (5.12)$$

$$k = \frac{830 - 50}{26,7}$$

$$k = 29,21$$

kde: $F_1 = 50$ – nejmenší pracovní zatížení pružiny [N]

Počet závěrných závitů pružiny

$$n_z = 2 \cdot 1 \quad (5.13)$$

$$n_z = 2 \text{ závity}$$

Celkový počet závitů pružiny

$$z = n + n_z \quad (5.14)$$

$$z = 7,5 + 2 = 9,5$$

Délka při plném stlačení pružiny, při dosedu závitu na závit

$$l_9 = z \cdot d \quad (5.15)$$

$$l_9 = 9,5 \cdot 5$$

$$l_9 = 47,5 \text{ mm}$$

Minimální vůle mezi závity

$$v_0 = 0,1 \cdot d \quad (5.16)$$

$$v_0 = 0,1 \cdot 5$$

$$v_0 = 0,5 \text{ mm}$$

Rozteč závitů

$$P = v_0 + d \quad (5.17)$$

$$P = 0,5 + 5$$

$$P = 5,5 \text{ mm}$$

Délka plně zatížené pružiny

$$l_8 = l_9 + (z - 1) \cdot v_0 \quad (5.18)$$

$$l_8 = 47,5 + (9,5 - 1) \cdot 0,5$$

$$l_8 = 51,75 \text{ mm}$$

4.4 Výpočet odporu stěrače proti pohybu dopravního pásu

Stěrač klade odpor proti pohybu dopravního pásu, proto je vhodné spočítat velikost tohoto odporu.

Odpor stěrače pásu

$$F_r = A \cdot p \cdot \mu_3 \quad (5.19)$$

$$F_r = 0,0366 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0,3$$

$$F_r = 549 \text{ N}$$

kde: $p = 5 \cdot 10^4$ – tlak mezi stěračem a dopravním pásem [$N \cdot m^{-2}$] dle normy [24]

$\mu_3 = 0,3$ – součinitel tření mezi pásem a stěračem dle normy [24]

Dotyková plocha mezi pásem a stěračem

$$A = W \cdot t_c \quad (5.20)$$

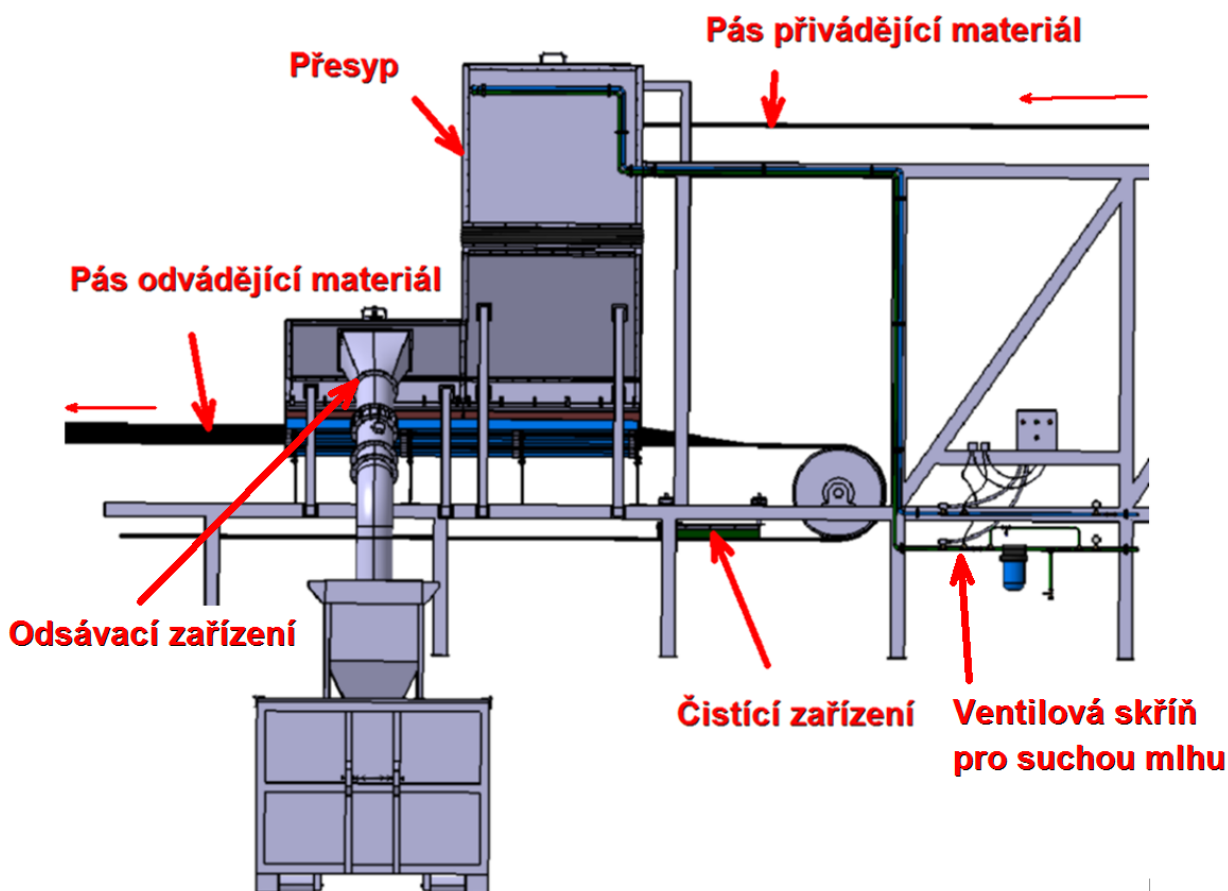
$$A = 1,83 \cdot 0,02$$

$$A = 0,0366 \text{ m}^2$$

kde: W – šířka stěrače pásu [m]

t_c – tloušťka stěrače [m]

5 Odprášení přesypu dopravních pásů



Obr. 5.1 Sestava pro odprášení přesypu [23]

Výška přesypu dopravních pásů (Obr. 5.1) je $H = 2,8 \text{ m}$, přepravovaný materiál je hnědé uhlí a šířka dopravních pásů je $B = 1,4 \text{ m}$. Rychlost přepravy je $v = 3,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Sestava přesypu je od bubnu spodního dopravníku vzdálena $1,5 \text{ m}$, pro bezpečné zohnutí pásů bez jeho poškození.

Prach z hnědého uhlí negativně ovlivňuje jak pracovní, tak i životní prostředí a je také vysoce výbušný. Proto je cílem této diplomové práce odprášení přesypu hnědého uhlí a zamezení úniku prachu do okolí.

Tento návrh odprášení přesypu dopravních pásů kombinuje více technických řešení pro lepší efektivitu odprášení.

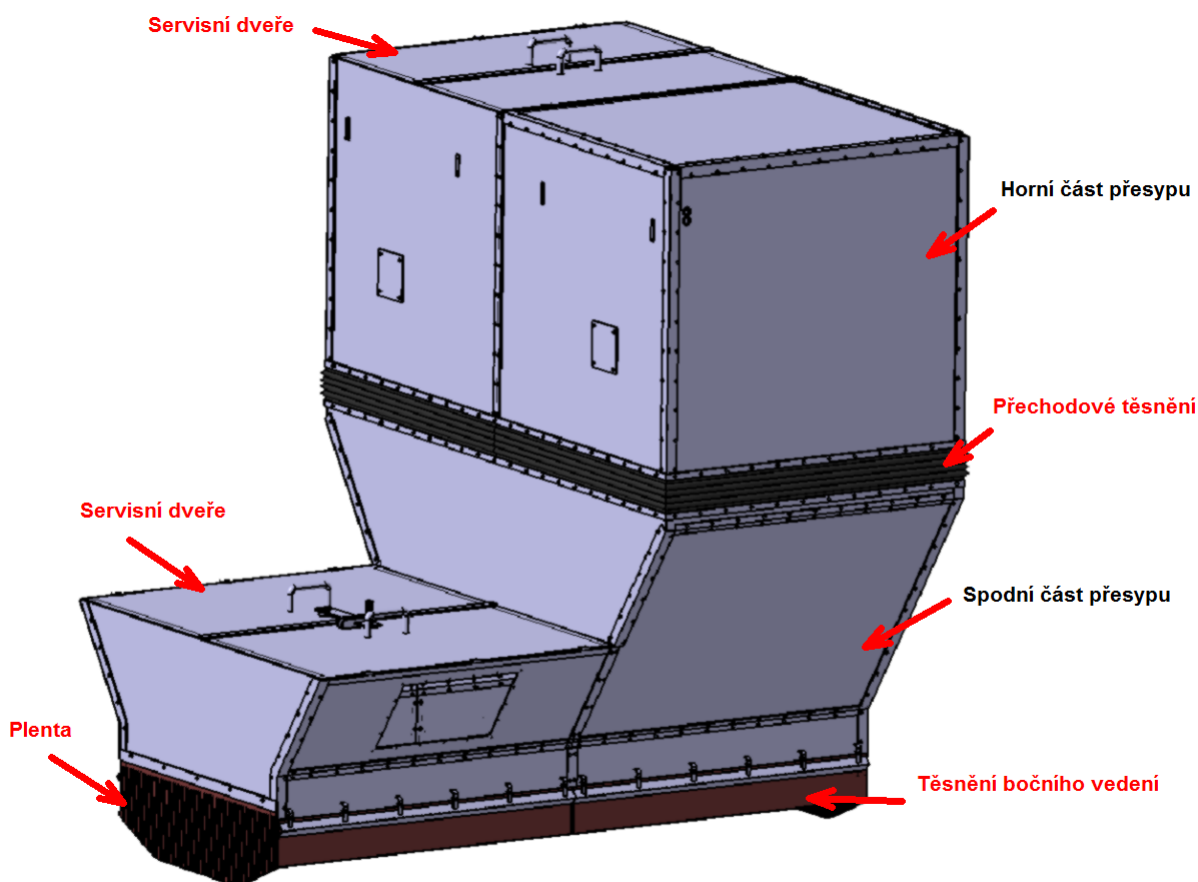
Prvním opatřením pro zamezení prašnosti je zakrytování a utěsnění samotného přesypu proti úniku prachu.

Druhým krokem k likvidaci prašnosti je tzv. suchá mlha. Toto technické řešení je situováno v horní části přesypu a má za úkol usazení velkých prachových částic na spodní dopravní pás.

U konce přesypu je na bočních stěnách umístěno odsávací zařízení. Pomocí tohoto zařízení je prach z přesypu ventilátorem odsáván, vzduch je přefiltrován filtračním zařízením a prach je ukládán do kontejneru. Technické řešení tohoto typu se nazývá Suchá cesta.

5.1 Navržený přesyp dopravních pásů

Navržený přesyp dopravních pásů (Obr. 5.2) se skládá ze dvou hlavních částí. První část přesypu je uchycena na konstrukci spodního dopravníku a druhá část je uchycena na konstrukci horního dopravníku. Tyto dva hlavní díly jsou pružně spojeny pryžovou vlnovcovou spojkou, která zabraňuje přenosu vibrací mezi oběma dopravníky a zároveň utěšňuje přesyp.



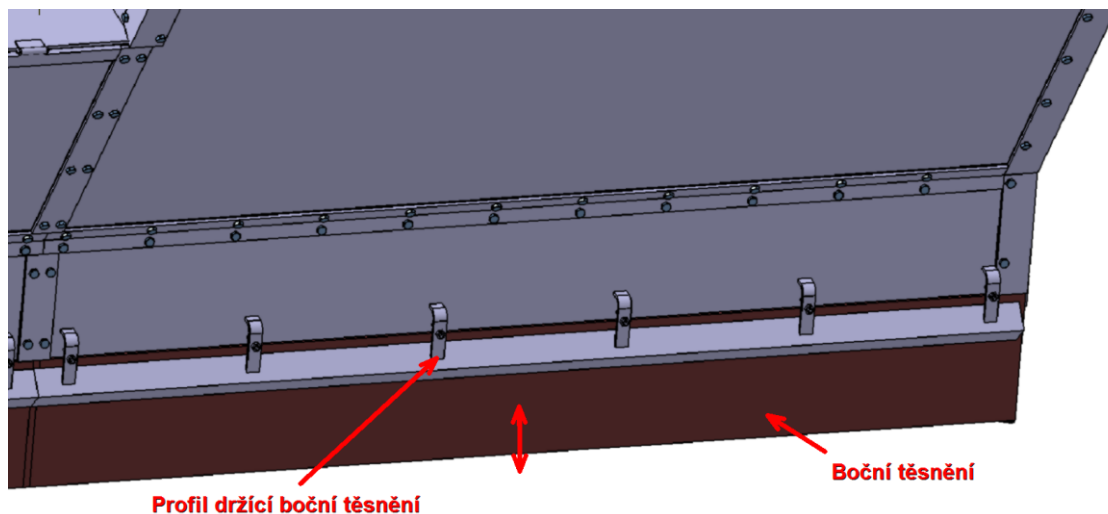
Obr. 5.2 Navržený přesyp [23]

Plechý přesypu jsou z ořezuvzdorné oceli Hardox 400 tloušťky 5 mm. Plechy jsou spojovány pásovými profily nebo profily L 50 x 5 pomocí šroubů M8. Tento návrh konstrukce přesypu umožňuje snadnou a rychlou výměnu opotřebovaných částí přesypu.

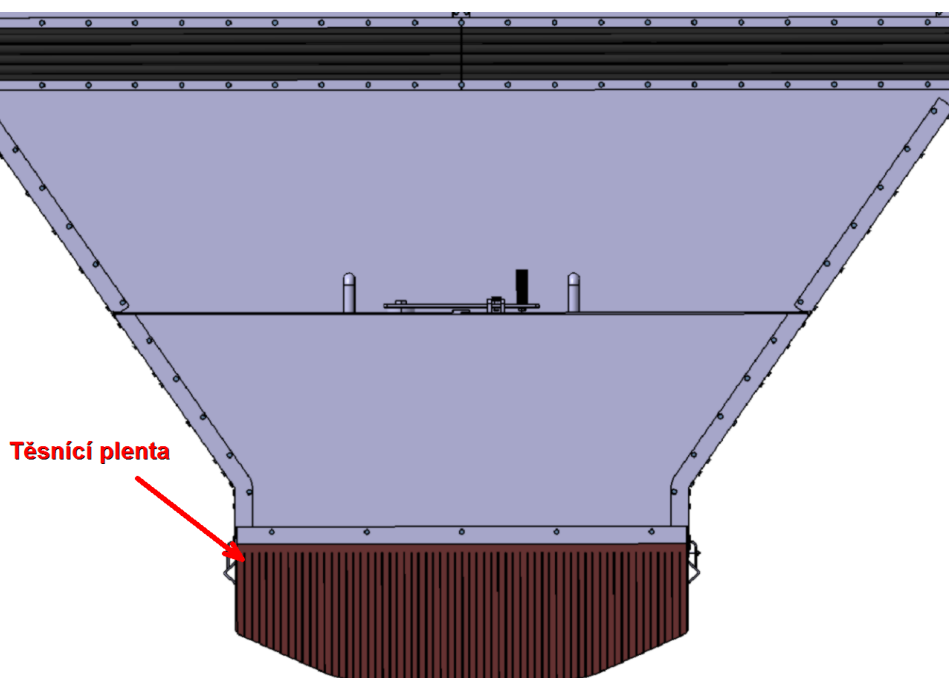
Těsnost přesypu je zajišťována gumovým těsněním, které je umístěno mezi profily a plechy bočnic přesypu. Pro utěsnění dopadové násypky nad dopadovým ložem je použito těsnění bočního vedení dopravníku (Obr. 5.3), které přímo lícuje s dopravním pásem a dopadovým ložem. Toto těsnění je možné, po uvolnění šroubů, které pomocí profilu přitlačují těsnění ke

stěně přesypu, při opotřebování posouvat směrem k dopravnímu pásu a zabránit tak netěsnostem. Vstup a výstup z přesypu je utěsněn pomocí plenty (Obr. 5.4).

Přesyp je opatřen servisními dveřmi umístěnými ve spodní a také v horní části přesypu. Servisní dveře jsou utěsněny gumovým těsněním a zajištěny proti samovolnému otevření. Tyto dveře umožňují snadný přístup do přesypu bez složité a zdlouhavé demontáže ostatních dílů přesypu.



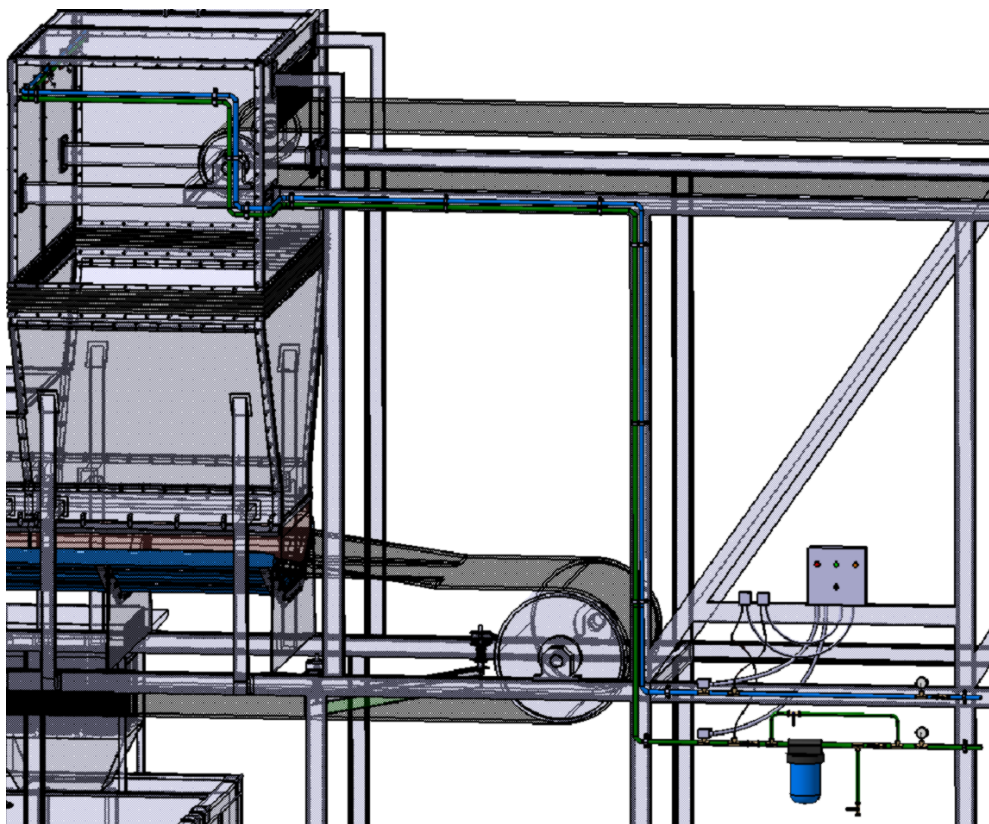
Obr. 5.3 Těsnění bočního vedení [23]



Obr. 5.4 Těsnění plenta [23]

5.2 Suchá mlha

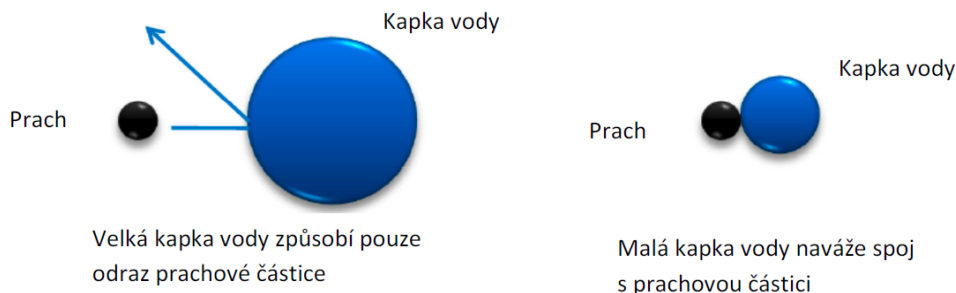
Dalším krokem k potlačení prašnosti je tzv. Suchá mlha (Obr. 5.5). Nosič trysek suché mlhy je umístěn v horní části přesypu a má za úkol usazení velkých prachových částic.



Obr. 5.5 Suchá mlha v sestavě přesypu [23]

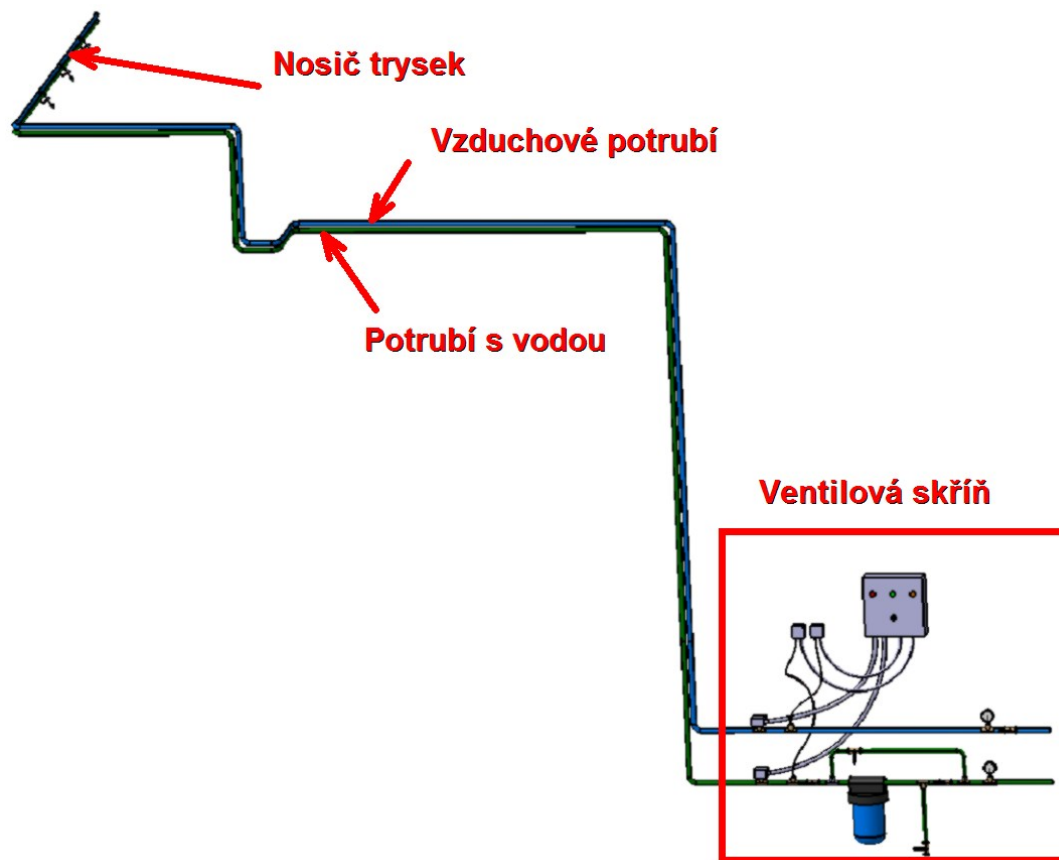
Suchá mlha je druh postřiku, který vzniká ze směsi malého množství vody a vzduchu pod tlakem. Zařízení používá malé množství vody, a proto nevytváří kal, neucpává nebo nepoškozuje zařízení.

Suchou mlhu tvoří miliony sub mikronových kapek, které při kolizi s volnou prachovou částicí vytvoří společně částice větší hmotnosti. Tyto částice poté klesají níže a usazují se ve spodní části přesypu. Kapka vody by měla být co nejmenší, aby došlo k efektivnímu promíchání s prachovými částicemi. Pokud je kapka příliš velká, dojde pouze k odrazu prachové částice od povrchu kapky (Obr. 5.6).



Obr. 5.6 Princip suché mlhy [22]

Navržená sestava pro suchou mlhu se skládá z ventilové skříně, vzduchového potrubí, kompresoru, hydrogenerátoru s elektromotorem, potrubí pro vodu a nosiče trysek (Obr. 5.7). Potrubí je vedeno od ventilové skříně po nosné konstrukci dopravníku, dále vede po horní části přesypu a přes gumové průchodky do vnitřní části přesypu.

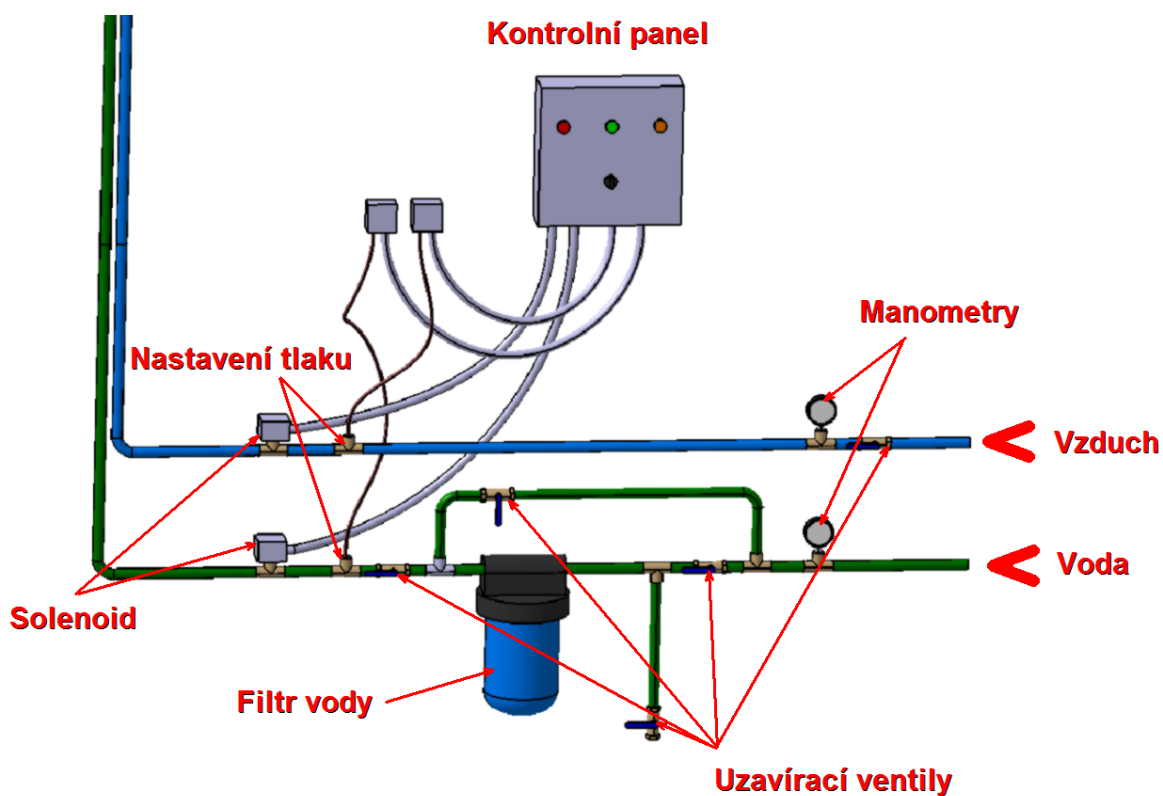


Obr. 5.7 Navržená sestava suché mlhy[23]

5.2.1 Ventilová skříň

Ventilová skříň slouží k automatickému nebo k ručnímu spuštění suché mlhy a je umístěna přímo na nosné konstrukci dopravníku (Obr. 5.8). Ventilová skříň obsahuje kontrolní panel, spínače tlaku, manometry, filtr vody a uzavírací ventily.

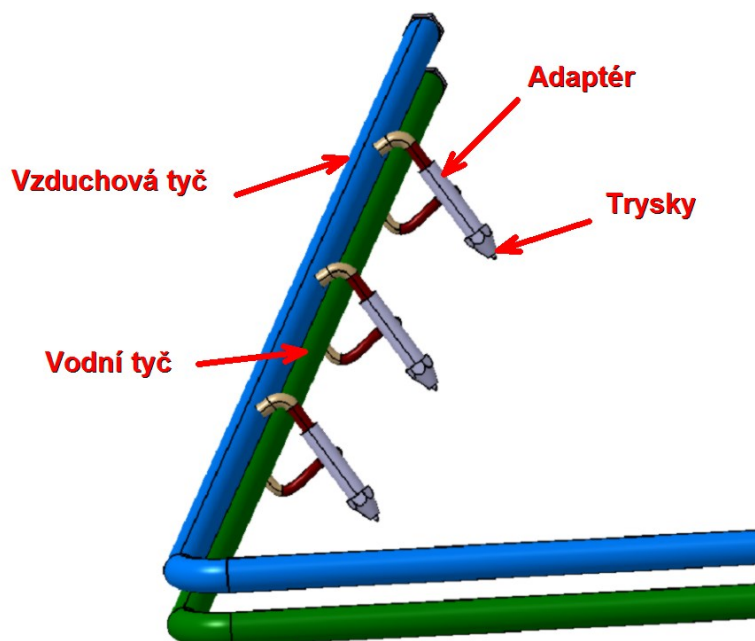
Filtr vody slouží pro odstranění pevných látek v suspenzi. Pro suchou mlhu může být použita voda z vodovodního řádu, přehrady nebo cisterny. Čistota vody ovlivňuje životnost trysek. Požadovaný tlak vody pro zařízení je do 3 MPa.



Obr. 5.8 Ventilová skříň [23]

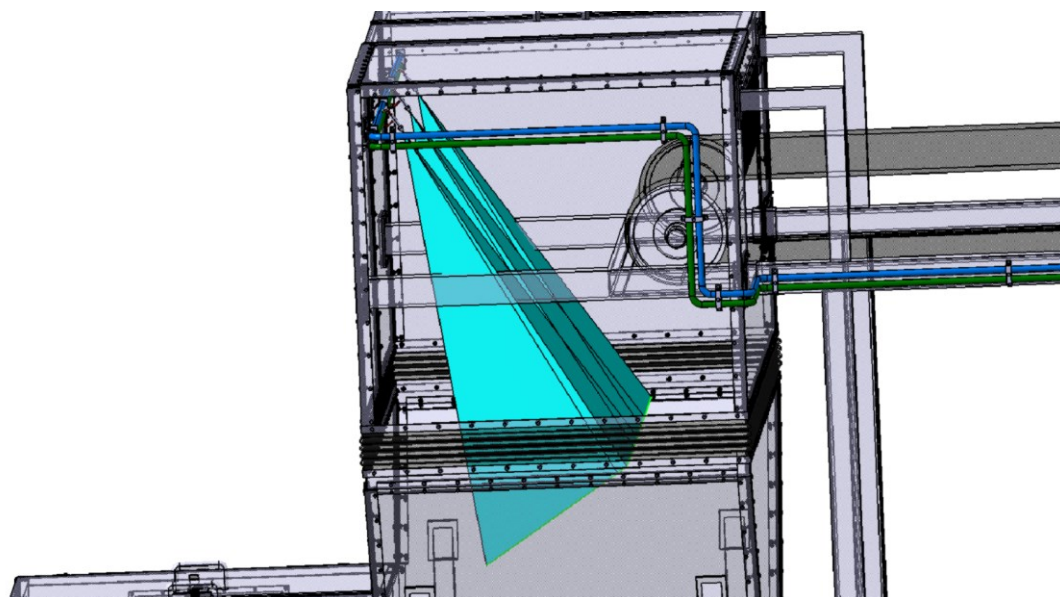
5.2.2 Nosič trysek

Nosič trysek (Obr. 5.9) je zařízení držící postřikové trysky a je umístěno na vnitřní straně pracovního prostoru. Prostřednictvím ventilu je regulován průtok vzduchu a vody v každé trysce. Navržené zařízení obsahuje 3 trysky pro suchou mlhu.



Obr. 5.9 Nosič trysek [23]

Na Obr. 5.10 je zobrazena suchá mlha v provozu.



Obr. 5.10 Suchá mlha v provozu [23]

5.2.3 Základní technické parametry a výpočet navrženého zařízení pro suchou mlhu

V tabulce níže (Tab. 5.1) jsou uvedeny základní parametry navrženého zařízení pro suchou mlhu.

Tab. 5.1 Technické parametry navrženého zařízení pro suchou mlhu

Průtok vody	$Q_{voda} = 1,5 \, dm^3 \cdot min^{-1}$
Průtok vzduchu	$Q_{vzduch} = \sim 250 \, dm^3 \cdot min^{-1}$
Hodnota tlaku vody	$p_{voda} = 0,5 \div 3 \, MPa$
Hodnota tlaku vzduchu	$p_{vzduch} = 0,45 \div 0,6 \, MPa$

Návrh hydrogenerátoru

Požadovaný průtok

$$Q_{voda} = 1,5 \, dm^3 \cdot min^{-1} = 2,5 \cdot 10^{-5} \, m^3 \cdot s^{-1}$$

Výpočet geometrického objemu hydrogenerátoru

$$V_g = \frac{Q_{voda}}{n_{HG}} \quad (6.1)$$

$$V_g = \frac{2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 60}{1450}$$

$$V_g = 1,035 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 1,035 \text{ cm}^3$$

V diplomové práci je zvolen zubový hydrogenerátor High Performance AZPB series 3x size 2.0 $V_{gkat} = 2 \text{ cm}^3$ podle katalogu Bosch Rexroth. [20] Parametry hydrogenerátoru dle Tab. 5.2.

Tab. 5.2 Technické parametry Hydrogenerátoru

Table of values

Size		1.0	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	6.3	7.1
Series				Series 3x						
Displacement geometric, per revolution	V_g cm ³	1	2	2.5	3.15	4	4.5	5	6.3	7.1
Maximum continuous pressure	p_1 bar	220	220	220	220	220	220	220	220	200
Maximum intermittent pressure	p_2 bar	250	250	250	250	250	250	250	250	230
Minimum speed	at p_2 n_{min} rpm	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Maximum speed	at p_2 n_{max} rpm	6000	5000	5000	4000	4000	4000	4000	3500	3500

Celková účinnost hydrogenerátoru $\eta_{HG} = 0,95$

Výkon elektromotoru

$$P_{EL} = \frac{p_{pv} \cdot Q_{voda}}{\eta_{HG}} \quad (6.2)$$

$$P_{EL} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}}{0,95}$$

$$P_{EL} = 78,95 \text{ W} = 0,079 \text{ kW}$$

Dále je v diplomové práci zvolen elektromotor SIEMENS 1LA7063-6 – 0,09 kW, podle katalogu Siemens. [21]

Výpočet skutečného průtoku

$$Q_{sku} = V_{gkat} \cdot n \cdot \eta_{mp} \quad (6.3)$$

$$Q_{sku} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{870}{60} \cdot 0,95$$

$$Q_{sku} = 2,755 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Návrh potrubí

Světlost potrubí: 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320 mm.

Rychlost v tlakovém potrubí

$$v_{tp} = 4 \div 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ volím } v_{tp} = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Předběžný průřez potrubí

$$S'_{tp} = \frac{Q_{sku}}{v_{tp}} \quad (6.4)$$

$$S'_{tp} = \frac{2,755 \cdot 10^{-5}}{4}$$

$$S'_{tp} = 6,8875 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Průměr potrubí

$$d_{tp} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{sku}}{\pi \cdot v_{tp}}} \quad (6.5)$$

$$d_{tp} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,755 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot 4}}$$

$$d_{tp} = 2,96 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,96 \text{ mm} \rightarrow \text{volím } 4 \text{ mm}$$

Pro použití v dolech je doporučeno zvolit větší průměr potrubí, který je robustnější.

Skutečný průřez potrubí

$$S_{tp} = \frac{\pi \cdot d_{tp}^2}{4} \quad (6.6)$$

$$S_{tp} = \frac{\pi \cdot 0,004^2}{4}$$

$$S_{tp} = 1,2566 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Skutečná rychlost proudění

$$v_{tp1} = \frac{4 \cdot Q_{sku}}{\pi \cdot d_{tp}^2} \quad (6.7)$$

$$v_{tp1} = \frac{4 \cdot 2,755 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot 0,004^2}$$

$$v_{tp1} = 2,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Odpory v potrubí

Výpočet druhu proudění

$$Re = \frac{v_{tp1} \cdot d_{tp}}{\nu} \quad (6.8)$$

$$Re = \frac{2,19 \cdot 0,004}{1,004 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re = 8725,1 > 2320 \rightarrow \textit{turbulentní proudění}$$

$$\text{kde: } \nu = 1,004 \cdot 10^{-6} - \text{kinematická viskozita vody při } 20^{\circ}\text{C } [m^2 \cdot s^{-1}]$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (6.9)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{8725,1}}$$

$$\lambda = 0,03274$$

Tlaková ztráta v potrubí

$$\Delta p_{zp} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{tp}} \cdot \frac{v_{tp1}^2}{2} \cdot \rho \quad (6.10)$$

$$\Delta p_{zp} = 0,03274 \cdot \frac{12,950}{0,004} \cdot \frac{2,19^2}{2} \cdot 998,205$$

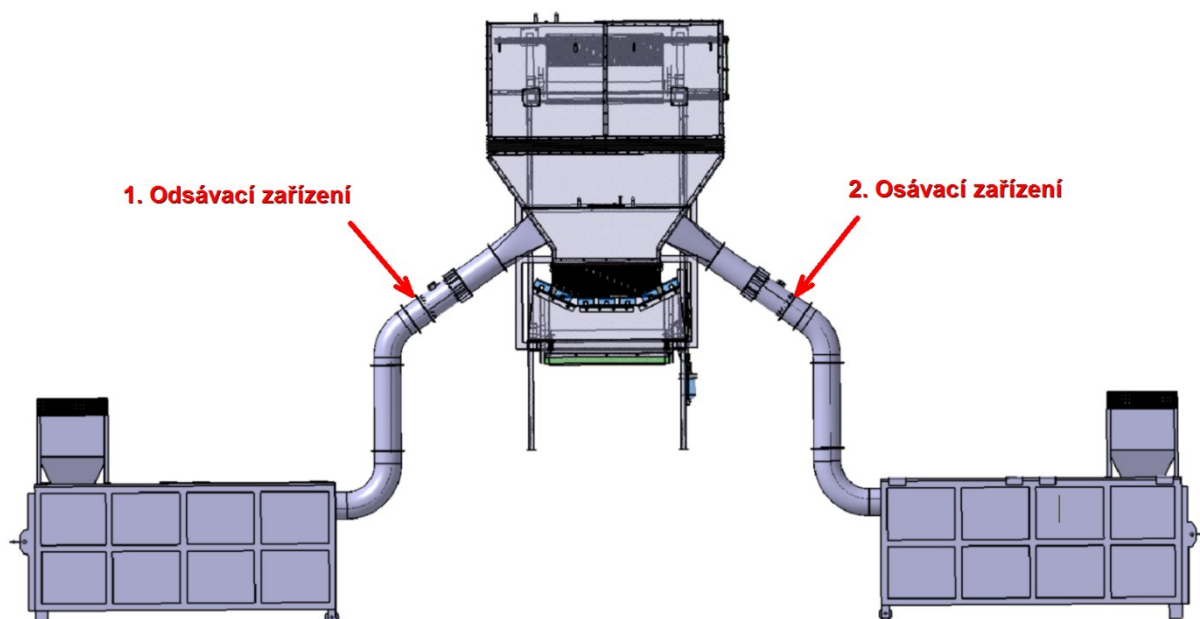
$$\Delta p_{zp} = 253726,85 \text{ Pa} = 0,253727 \text{ MPa}$$

$$\text{kde: } L = 12,950 - \text{délka potrubí } [m]$$

$$\rho = 998,205 - \text{hustota vody při } 20^{\circ}\text{C } [kg \cdot m^{-3}]$$

5.3 Navržené odsávací zařízení

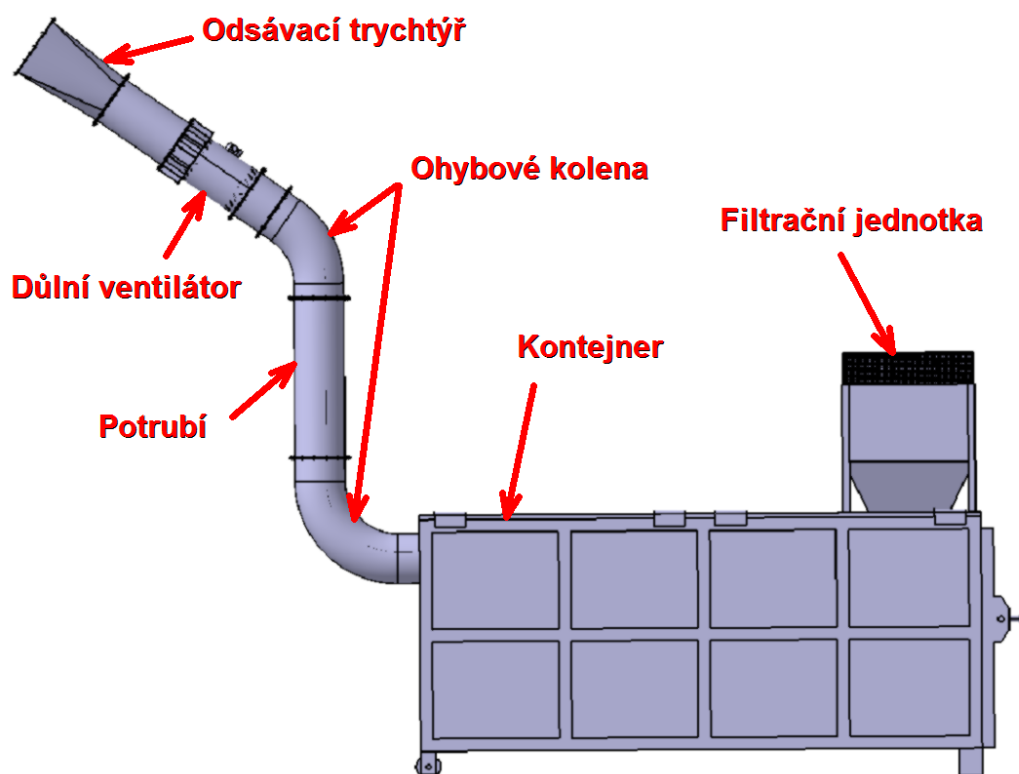
Navržené odsávací zařízení je umístěno ve spodní, vynášecí části přesypu. Toto zařízení má za úkol odsání prachu z přesypu pomocí ventilátoru, přefiltrování vzduchu a uložení prachu do kontejneru. Pro správný návrh odsávacího zařízení je důležité spočítat si objem odsávaného prostoru. Odsávání je pro větší efektivitu umístěno po obou stranách přesypu (Obr. 5.11).



Obr. 5.11 Navržené odsávací zařízení v sestavě [23]

Výhodou tohoto návrhu je minimální délka potrubí bez dovrchního ventilačního tahu. Také zde není žádné horizontálně vedené potrubí, ve kterém by se usazoval prach a tím ho ucpával. Další výhodou tohoto návrhu je odvod prachu mimo dopravovaný materiál, díky tomu nedochází ke kumulaci prachu v přesypu. Uskladněný prach může mít druhotné využití.

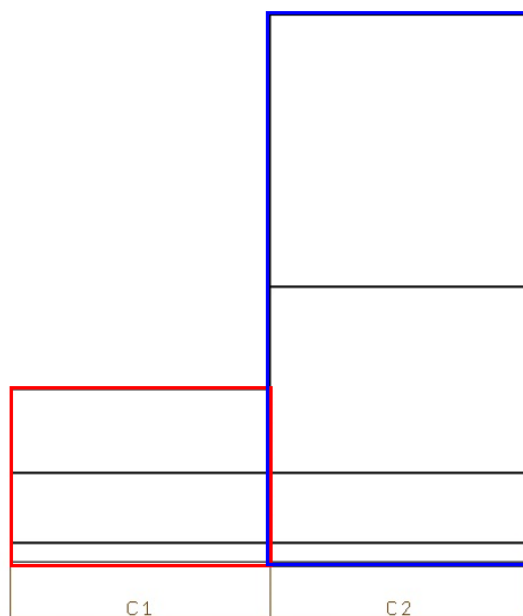
Navržená soustava odsávání (Obr. 5.12) se skládá z potrubí o vnitřním průměru 315 mm, důlního ventilátoru, odsávacího trychtýře, ohybových kolen, kontejneru a z filtrační jednotky. Odsávací trychtýř je připevněn na bočních stěnách přesypu pomocí 18 šroubu M6. Každá část potrubí je mezi sebou propojena pomocí přírub a 14 šroubu M6.



Obr. 5.12 Navržená sestava odsávání [23]

5.3.1 Výpočet objemu přesypu

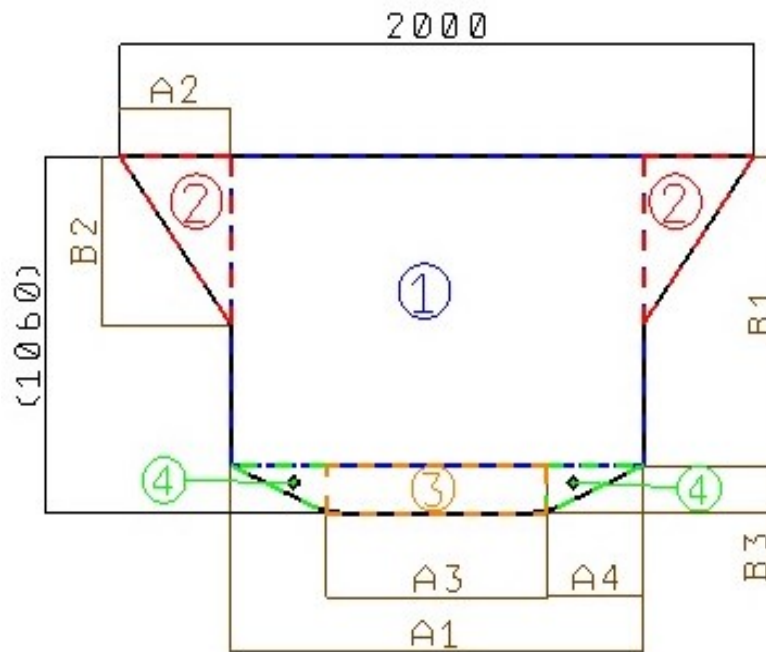
Pro výpočet objemu je přesyp rozdělen do několika jednotlivých částí (Obr. 5.13). Nejprve je vypočítán objem těchto částí a poté součtem těchto dílčích objemu získáme výsledný objem přesypu.



Obr. 5.13 Rozdělení přesypu na 2 hlavní části [23]

Výpočet objemu spodní části

Spodní část přesypu je rozdělena podle Obr. 5.14.



Obr. 5.14 Rozdělení spodní části přesypu [23]

Navržené rozměry přesypu

$$\begin{aligned} A_1 &= 1,290 \text{ m} & B_1 &= 0,919 \text{ m} \\ A_2 &= 0,350 \text{ m} & B_2 &= 0,500 \text{ m} \\ A_3 &= 0,696 \text{ m} & B_3 &= 0,141 \text{ m} \\ A_4 &= 0,297 \text{ m} & C_1 &= 1,545 \text{ m} \end{aligned}$$

Objem oblasti č. 1

$$\begin{aligned} V_1 &= A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 \\ V_1 &= 1,290 \cdot 0,919 \cdot 1,545 \\ V_1 &= 1,832 \text{ m}^3 \end{aligned} \tag{6.11}$$

Objem oblasti č. 2

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{A_2 \cdot B_2}{2} \cdot C_1 \\ V_2 &= \frac{0,350 \cdot 0,919}{2} \cdot 1,545 \\ V_2 &= 0,249 \text{ m}^3 \end{aligned} \tag{6.12}$$

Objem oblasti č. 3

$$V_3 = A_3 \cdot B_3 \cdot C_1 \quad (6.13)$$

$$V_3 = 0,696 \cdot 0,141 \cdot 1,545$$

$$V_3 = 0,152 \text{ m}^3$$

Objem oblasti č. 4

$$V_4 = \frac{A_4 \cdot B_3}{2} \cdot C_1 \quad (6.14)$$

$$V_4 = \frac{0,297 \cdot 0,141}{2} \cdot 1,545$$

$$V_4 = 0,032 \text{ m}^3$$

Součet objemu spodní části

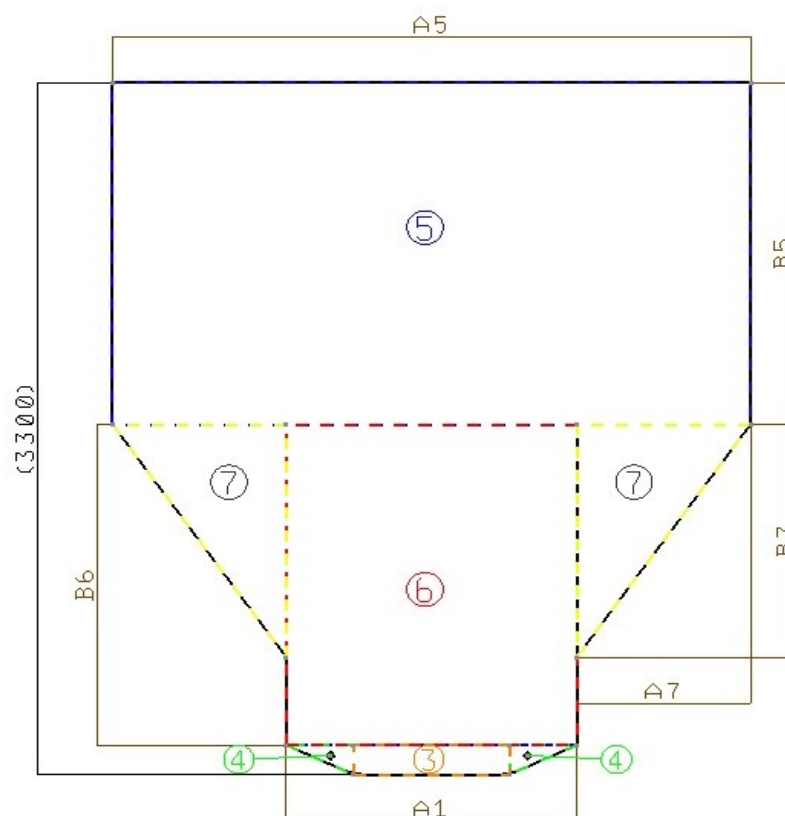
$$V_{sp} = V_1 + 2 \cdot V_2 + V_3 + 2 \cdot V_4 \quad (6.15)$$

$$V_{sp} = 1,832 + 2 \cdot 0,249 + 0,152 + 2 \cdot 0,032$$

$$V_{sp} = 2,546 \text{ m}^3$$

Výpočet objemu horní části

Horní část přesypu je rozdělena podle Obr. 5.15.



Obr. 5.15 Rozdělení horní části přesypu [23]

Navržené rozměry přesypu

$$A_5 = 2,844 \text{ m} \quad B_5 = 1,630 \text{ m}$$

$$A_1 = 1,290 \text{ m} \quad B_6 = 1,529 \text{ m}$$

$$A_7 = 0,777 \text{ m} \quad B_7 = 1,110 \text{ m}$$

$$C_2 = 1,545 \text{ m}$$

Objem oblasti č. 5

$$V_5 = A_5 \cdot B_5 \cdot C_2 \quad (6.16)$$

$$V_5 = 2,844 \cdot 1,630 \cdot 1,545$$

$$V_5 = 7,162 \text{ m}^3$$

Objem oblasti č. 6

$$V_6 = A_1 \cdot B_6 \cdot C_2 \quad (6.17)$$

$$V_6 = 1,290 \cdot 1,529 \cdot 1,545$$

$$V_6 = 3,047 \text{ m}^3$$

Objem oblasti č. 7

$$V_7 = \frac{A_7 \cdot B_7}{2} \cdot C_2 \quad (6.18)$$

$$V_7 = \frac{0,777 \cdot 1,110}{2} \cdot 1,545$$

$$V_7 = 0,666 \text{ m}^3$$

Součet objemu horní části

$$V_{ho} = V_5 + V_6 + 2 \cdot V_7 + 2 \cdot V_4 + V_3 \quad (6.19)$$

$$V_{ho} = 7,162 + 3,047 + 2 \cdot 0,666 + 2 \cdot 0,032 + 0,152$$

$$V_{ho} = 11,757 \text{ m}^3$$

Výsledný objem celého přesypu

$$V_{celk} = V_{sp} + V_{ho} \quad (6.20)$$

$$V_{celk} = 2,546 + 11,757$$

$$V_{celk} = 14,303 \text{ m}^3$$

5.3.2 Návrh potrubní sítě odsávání

Potrubní síť je složena z přímých částí, tvarovek (ohybů, přechodů) a filtrů. Pro návrh potrubní sítě je důležité vypočítat tlakovou ztrátu každého úseku.

$$\Delta p_z = \Delta p_{zt} + \sum \Delta p_{\xi} \quad (6.21)$$

Při návrhu odsávání je využita tzv. metoda rychlosti. Tato metoda spočívá ve volbě vhodné rychlosti pro dopravu materiálu ve vzduchovodu. Hodnota rychlosti musí ležet v mezích doporučených hodnot pro daný materiál. (Tab. 5.3)

Tab. 5.3 Doporučené dopravní rychlosti vzduchu ve vzduchovodech při odsávání prachu

Dopravní rychlost při odsávání prachu nebo materiálu	Rychlost w [$m \cdot s^{-1}$]
suché třísky při obrábění dřeva	16
vlhké třísky při obrábění dřeva	20
brusky na kov	15 – 20
slévárenský prach	18 – 23
bavlna	13 – 15
vlna	15 – 20
obilný prach	10 - 15

Rychlost pro odsávání prachu z hnědého uhlí je zvolena $w = 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výpočet vnitřního průměru potrubí

$$Q_V = \frac{\pi \cdot d_{potr}^2}{4} \cdot w \rightarrow d_{potr} \quad (6.22)$$

$$d_{potr} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot w}} \quad (6.23)$$

$$d_{potr} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,95}{\pi \cdot 15}}$$

$$d_{potr} = 0,284 \text{ m} \rightarrow \text{volím } 0,315 \text{ m}$$

kde: $Q_V = 0,95$ – max. průtok vzduchu podle zvoleného ventilátoru [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Tlaková ztráta třením pro přímé potrubí

$$\Delta p_{zt} = \lambda_{vz} \cdot \frac{l}{d_{potr}} \cdot \frac{\rho_{vz}}{2} \cdot w^2 \quad (6.24)$$

$$\Delta p_{zt} = 0,0182 \cdot \frac{2,67}{0,315} \cdot \frac{1,29}{2} \cdot 15^2$$

$$\Delta p_{zt} = 22,39 \text{ Pa}$$

kde: λ_{vz} – součinitel tření [–]

$\rho_{vz} = 1,29$ – hustota vzduchu při 20°C [$kg \cdot m^{-3}$]

$l = 2,67$ – délka přímé části potrubí [m]

Reynoldsovo číslo

$$Re_{vz} = \frac{w \cdot d_{potr}}{\nu_{vz}} \quad (6.25)$$

$$Re_{vz} = \frac{15 \cdot 0,315}{1,57 \cdot 10^{-5}}$$

$$Re_{vz} = 300955,4 > 2320 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

kde: $\nu_{vz} = 1,57 \cdot 10^{-5}$ kinematická viskozita vzduchu při 20°C [$m^2 \cdot s^{-1}$]

Součinitel tření podle Kagana

$$\lambda_{vz} = \frac{0,28}{\left[\log \frac{5,5 \cdot d_{potr}}{\varepsilon + \left(\frac{55 \cdot d_{potr}}{Re_{vz}} \right)} \right]^2} \quad (6.26)$$

$$\lambda_{vz} = \frac{0,28}{\left[\log \frac{5,5 \cdot 0,315}{1,5 \cdot 10^{-4} + \left(\frac{55 \cdot 0,315}{300955,4} \right)} \right]^2}$$

$$\lambda_{vz} = 0,0182$$

kde: $\varepsilon = 0,15$ – ekvivalentní drsnost stěn pro pozinkovaný plech [mm]

Tlaková ztráta v místních odporech

Oblouk kruhového průřezu úhel 90°

$$\Delta p_{\xi_1} = \xi_1 \cdot \frac{\rho_{vz}}{2} \cdot w^2 \quad (6.27)$$

$$\Delta p_{\xi_1} = 0,167 \cdot \frac{1,29}{2} \cdot 15^2$$

$$\Delta p_{\xi_1} = 24,24 \text{ Pa}$$

$$\frac{r_1}{d_{potr}} = \frac{0,5}{0,315} = 1,59 \geq 1 \quad (6.28)$$

$$\xi_1 = \frac{0,21}{\sqrt{\frac{r_1}{d_{potr}}}}$$

$$\xi_1 = \frac{0,21}{\sqrt{\frac{0,5}{0,315}}}$$

$$\xi_1 = 0,167$$

kde: $r_1 = 0,5$ – rádius ohybu oblouku [m]

Oblouk kruhového průřezu úhel 45°

$$\Delta p_{\xi_2} = \xi_2 \cdot \frac{\rho_{vz}}{2} \cdot w^2 \quad (6.29)$$

$$\Delta p_{\xi_2} = 0,103 \cdot \frac{1,29}{2} \cdot 15^2$$

$$\Delta p_{\xi_2} = 14,95 \text{ Pa}$$

$$\frac{r_2}{d_{potr}} = \frac{0,5}{0,315} = 1,59 \geq 1 \quad (6.30)$$

Při $\vartheta \neq 90^\circ$ je $\xi_2 = \xi_1 \cdot C_\vartheta$

$$C_\vartheta = -1,53 + 1,3 \log \vartheta \quad \text{Pro } 45^\circ \leq \vartheta < 180^\circ$$

$$\xi_2 = \frac{0,21}{\sqrt{\frac{r_2}{d_{potr}}}} \cdot C_\vartheta \quad (6.31)$$

$$\xi_2 = \frac{0,21}{\sqrt{\frac{0,5}{0,315}}} \cdot (-1,53 + 1,3 \log 45^\circ)$$

$$\xi_2 = 0,103 \text{ Pa}$$

kde: $r_2 = 0,5$ – rádius ohybu oblouku [m]

Odsávací trychtýř

$$\Delta p_{\xi_3} = \xi_3 \cdot \frac{\rho_{vz}}{2} \cdot w^2 \quad (6.33)$$

$$\Delta p_{\xi_3} = 0,1 \cdot \frac{1,29}{2} \cdot 15^2$$

$$\Delta p_{\xi_3} = 14,51 \text{ Pa}$$

$$\xi_3 = (0,08 - 0,003 \cdot \alpha) \cdot \left(1,6 - \frac{\pi \cdot \left(\frac{d_{potr}}{2} \right)^2}{a \cdot b} \right) \quad (6.34)$$

$$\xi_3 = \left(0,08 - 0,003 \cdot \frac{\pi}{6} \right) \cdot \left(1,6 - \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,315}{2} \right)^2}{0,6 \cdot 0,4} \right)$$

$$\xi_3 = 0,1$$

Filtrační jednotka

Pro zvolenou filtrační jednotku bude počáteční tlaková ztráta při čistém filtru třídy G3

$$\Delta p_{\xi_{poč_4}} = 45 \text{ Pa.}$$

Konečná tlaková ztráta při znečištěném filtru $\Delta p_{\xi_{kon_4}} = 200 \text{ Pa}$

Celková tlaková ztráta v odsávacím systému

$$\Delta p_z = \Delta p_{zt} + \sum \Delta p_{\Delta \xi}$$

$$\Delta p_z = \Delta p_{zt} + \Delta p_{\xi_1} + \Delta p_{\xi_2} + \Delta p_{\xi_3} + \Delta p_{\xi_{poč_4}}$$

$$\Delta p_z = 22,39 + 22,24 + 14,95 + 14,51 + 45$$

$$\Delta p_z = 119,09 \text{ Pa}$$

5.3.3 Ventilátor

Pro navržený odsávací systém byl zvolen důlní ventilátor VPAE-B3-315 od firmy OSTAZ. Technické parametry tohoto důlního ventilátoru jsou uvedeny v Tab. 5.4.

Tab. 5.4 Technické parametry důlního ventilátoru OSTAZ

Typ ventilátoru	Max. množství dopr. vzduchu Q_v	Max. P_{cv} $p = 1,3 [Pa]$	Otáčky za min.	Příkon [kW]	Hmotnost (kg)
VPAE-B3-315	$0,95 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	450	2820	0,8	90

Zvolený typ ventilátoru je elektrický s brzdou, která motor zabrzdí při vypnutí elektrického proudu. Ventilátor je určený pro odvětrávání v uhelných hlubinných dolech s výskytem metanu nebo uhelného prachu. Elektromotor je vzduchotěsně oddělen od dopravovaného vzduchu.

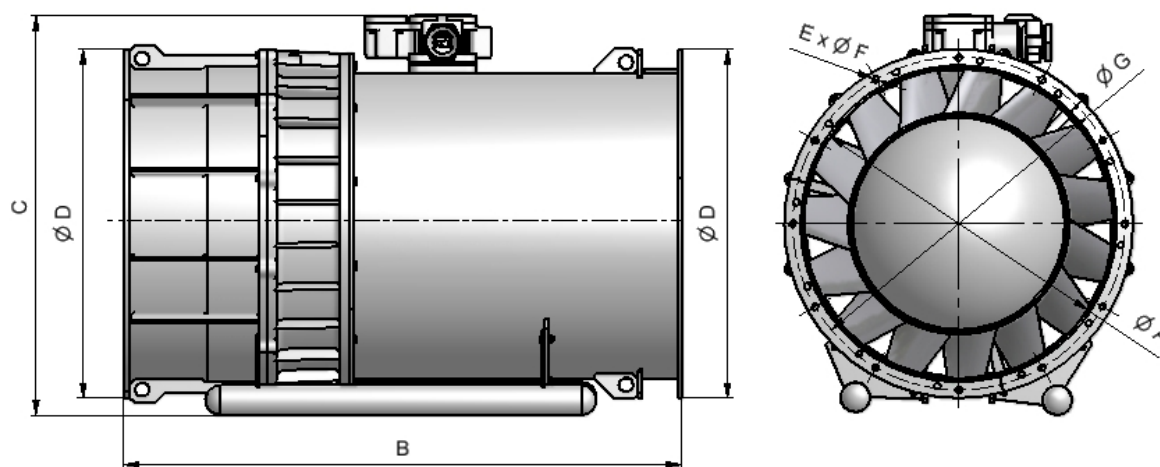
Ventilátor je také opatřen regulátorem otáček, pro možnost nastavení rychlosti odsávání a tlaku.

Důlní ventilátor je schválen pro provoz v atmosférických podmínkách IM2 a má certifikát dle směrnice 94/9/EC ATEX.

Rozměry důlního ventilátoru dle Tab. 5.5 a Obr. 5.16.

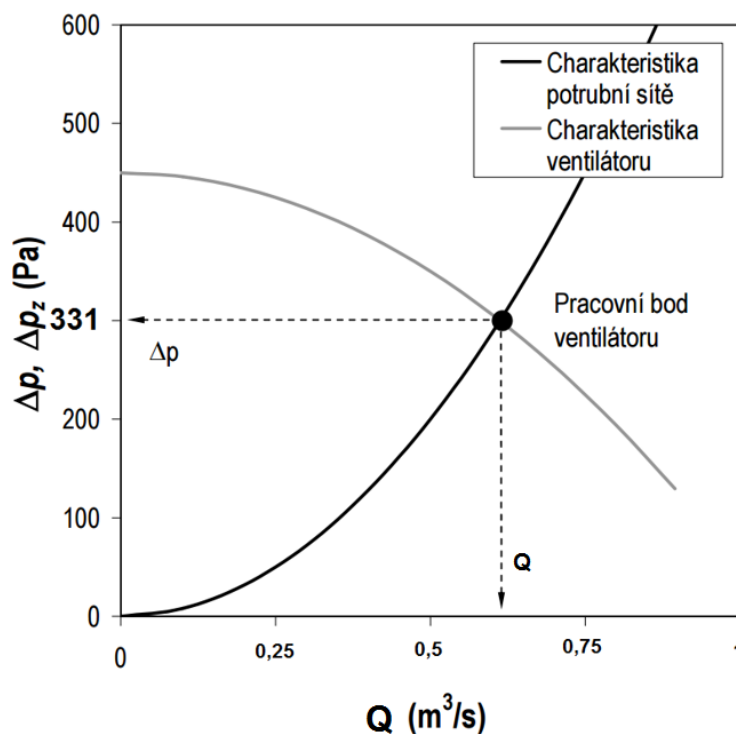
Tab. 5.5 Rozměry důlního ventilátoru OSTAZ VPAE-B3-315

Světlost A [mm]	Délka B [mm]	Výška C [mm]	Velký průměr příruby D [mm]	Počet děr E x průměr díry F [mm]	Roztečný průměr příruby G [mm]
315	560	495	404	6 x E 14	370



Obr. 5.16 Hlavní rozměry ventilátoru [19]

Charakteristika ventilátoru a potrubní sítě je zobrazena na Obr. 5.17.



Obr. 5.17 Charakteristika ventilátoru a potrubní sítě [23]

Zvolený ventilátor bude odsávat uhelný prach z přesypu při průtoku vzduchu $0,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a vyvine tlak asi 331 Pa rychlosti $w = 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výpočet bezrozměrných podobnostních čísel ventilátoru

Bezrozměrná podobnostní čísla slouží k porovnání ventilátorů různých velikostí a typů.

Tlakové číslo

$$\psi = \frac{P_{CV}}{\frac{\rho_{vz}}{2} \cdot u_2^2} \quad (6.35)$$

$$\psi = \frac{450}{\frac{1,29}{2} \cdot 46,51^2}$$

$$\psi = 0,3225$$

kde: $P_{CV} = 450$ – max. dopravní tlak [Pa]

$\rho_{vz} = 1,29$ – hustota vzduchu při 20°C [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Obvodová rychlost oběžného kola ventilátoru

$$u_2 = \frac{\pi \cdot d_{potr} \cdot n}{60} \quad (6.36)$$

$$u_2 = \frac{\pi \cdot 0,315 \cdot 2820}{60}$$

$$u_2 = 46,51 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde: $n = 2820$ – otáčky ventilátoru [min^{-1}]

Objemové číslo

$$\varphi = \frac{Q_v}{\frac{\pi \cdot d_{potr}^2}{4} \cdot u_2} \quad (6.37)$$

$$\varphi = \frac{0,95}{\frac{\pi \cdot 0,315^2}{4} \cdot 46,51}$$

$$\varphi = 0,2621$$

Výkonové číslo

$$\lambda_{vykon} = \frac{\psi \cdot \varphi}{\eta_c} \quad (6.38)$$

$$\lambda_{vykon} = \frac{0,3225 \cdot 0,2621}{0,80}$$

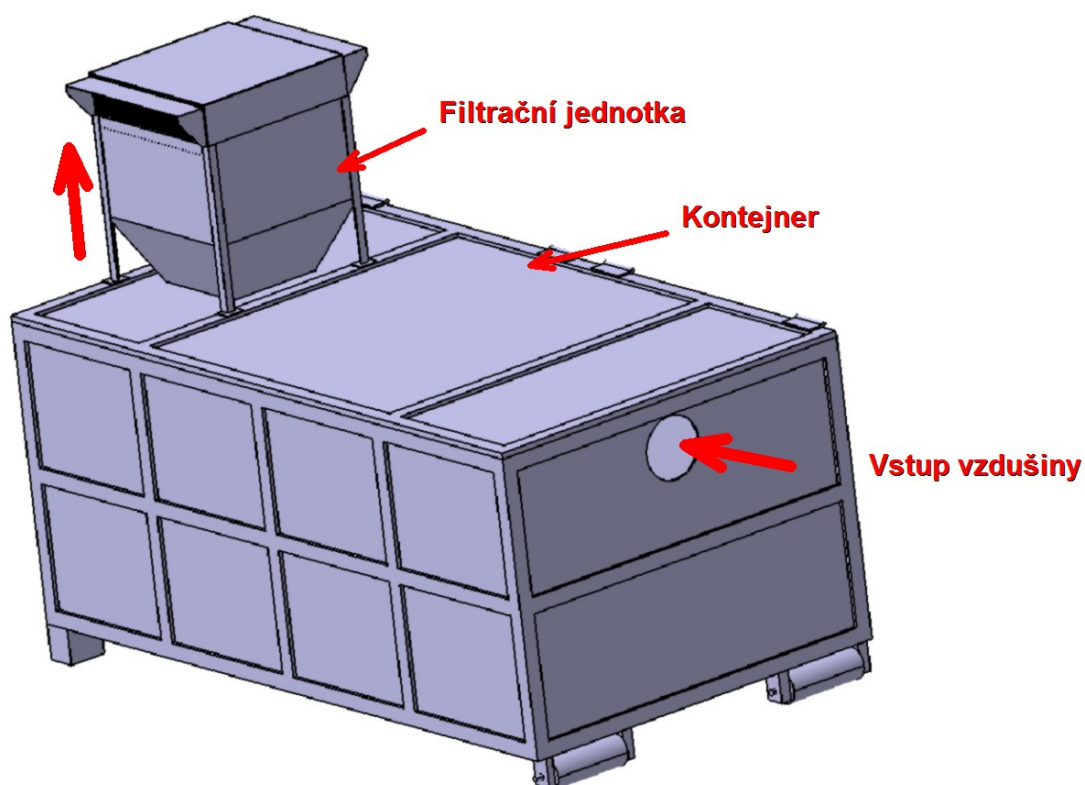
$$\lambda_{vykon} = 0,1057$$

kde: $\eta_c = 0,80$ – celková účinnost ventilátoru [–]

5.3.4 Kontejner

Navržený kontejner (Obr. 5.18) je standartních rozměru 3,6 m x 2 m x 1,5 m. Objem tohoto kontejneru je 11 m³. Celý kontejner je z vrchní části zakrytovaný a utěsněný, aby nedocházelo k úniku prachových částic do okolního prostředí. Kontejner je opatřen válcovými koly a okem pro hák, pro snadné naložení na nákladní vozidlo.

Hlavním úkolem tohoto kontejneru je uskladnění hnědouhelného prachu. Vzdušina vstupuje do kontejneru otvorem, který je umístěný v horní části jeho čela. Výfuk vzduchu je na opačném konci v horní části kontejneru. Zde je také umístěno filtrační zařízení.

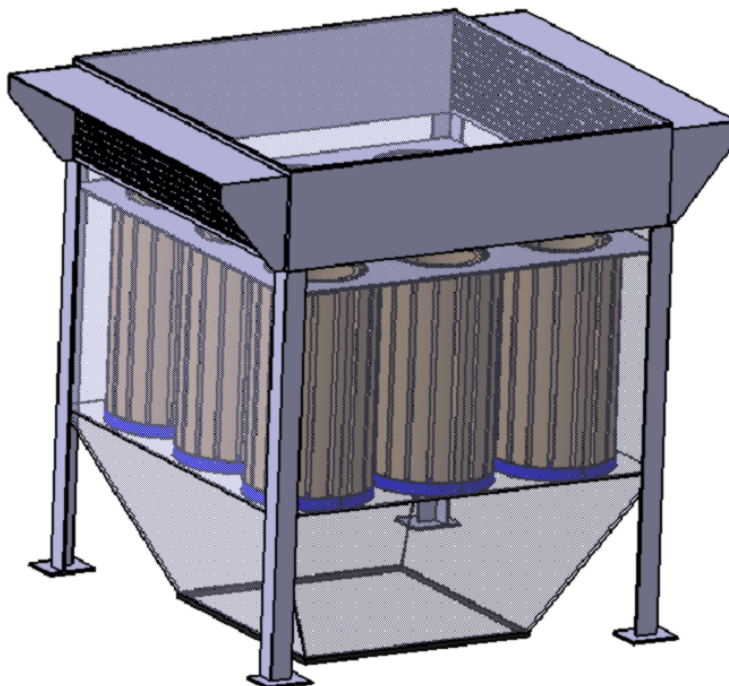


Obr. 5.18 Navržený kontejner [23]

5.3.5 Filtrační jednotka

Navržená filtrační jednotka (Obr. 5.19) je umístěna na víku kontejneru. Filtrační jednotka je přes těsněnou přírubu propojena s vnitřním prostorem kontejneru. Výdechy z filtrační jednotky jsou zakrytovány a chráněny proti povětrnostním vlivům.

Filtrační jednotka obsahuje 9 filtračních vložek MTB od firmy Donaldson Torit. Filtrační vložky jsou tkaninové rukávcové vhodné pro velké prachové zátěže. Oklep filtračních vložek je realizován pomocí stlačeného vzduchu. Přístup do filtrační jednotky zajišťují revizní dvířka.



Obr. 5.19 Navržená filtrační jednotka [23]

6 Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh koncepce zařízení pro čištění dopravních pásů formou kombinace čištění a odprášení. Tento návrh měl být aplikován na přesyp dopravníků na povrchových dolech. Zadavatelem této diplomové práce byl určen jako dopravovaný materiál hnědé uhlí, dopravní výkon $Q = 1400 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ a výška přesypu dopravníku $H = 2,8 \text{ m}$.

První část diplomové práce se věnuje popisu pásového dopravníku a jeho jednotlivých částí. Detailněji jsou zde popsány čistící zařízení dopravních pásů. Dále je zde popis různých metod odprášení přesypu pásové dopravy.

Praktická část diplomové práce začíná návrhem čistícího zařízení. Toto zařízení je umístěno na vnitřní straně spodní větve pásu, který odnáší materiál z přesypu. Požadavkem od zadavatele bylo především zabránit poškození dopravního pásu a bubnu dopravníku od materiálu propadajícího na vnitřní stranu dopravního pásu. Navržený vnitřní stěrač se skládá z polyuretanové lišty, která je přitlačována k dopravnímu pásu pomocí přitlačného zařízení s pružinou. U stěrače je možné nastavení úhlu natočení a přitlačné síly k dopravnímu pásu. Je zde výpočet tlačné pružiny a také odporu stěrače proti pohybu dopravního pásu.

Dále je zde návrh sestavy pro odprášení přesypu dopravních pásů. Navržený přesyp se skládá ze dvou hlavních částí. První část přesypu je uchycena na konstrukci spodního dopravníku a druhá část na konstrukci horního dopravníku. Obě části jsou spojeny pryžovou vlnovcovou spojkou, která utěsňuje přesyp. Přesyp je navržen z plechů z ořezavzdorné oceli, spojených pomocí profilů a šroubů, což umožňuje snadnou výměnu opotřebovaných dílů. Ve spojích je vždy umístěno gumové těsnění, které zamezuje pronikání prachu do okolí. Sestava přesypu je v místě dopadu materiálu na dopadové lože utěsněna pomocí bočního těsnění. Vstup a výstup materiálu do přesypu je utěsněn pomocí plenty.

Dalším krokem k potlačení prašnosti v přesypu je navrženo zařízení pro suchou mlhu. Toto zařízení obsahuje tři trysky umístěné v horní části přesypu, které zajišťují usazení větších prachových částic. Zařízení také obsahuje ventilovou skříň a potrubí na vodu a vzduch.

Posledním krokem k odprášení přesypu dopravních pásů je odsávací zařízení. Toto odsávací zařízení je umístěno po obou stranách ve spodní části přesypu. Hlavním úkolem tohoto zařízení je odsání prachu z přesypu, přefiltrování vzduchu a uložení prachu do kontejneru. Sestava odsávání se skládá z důlního ventilátoru, pozinkovaného potrubí o průměru 315 mm, odsávacího trychtýře, ohybových kolen, kontejneru a filtrační jednotky. Pro odsávací zařízení prachu z přesypu byl zvolen důlní ventilátor VPAE-B3-315 od firmy OSTAZ, kontejner o objemu 11 m^3 a filtrační jednotka s 9 filtračními vložkami MTB od firmy Donaldson Torit. Návrh potrubní sítě byl podpořen výpočtem. Výhodou tohoto návrhu je

minimální délka potrubí, bez dovrchního ventilačního tahu, absence horizontálně vedeného potrubí a také odvod prachu mimo přesyp. Uskladněný uhelný prach v kontejnerech může mít druhotné využití.

Návrh zpracovaný v diplomové práci přispívá k delší životnosti komponentů pásového dopravníku a také ke zlepšení pracovního i životního prostředí.

7 Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] POLÁK, Jaromír, Karel BAILOTTI, Jiří PAVLISKA a Leopold HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003, 104 s. ISBN 80-248-0493-x.
- [2] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001, 99 s. ISBN 80-248-0043-8.
- [3] JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Editační středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
- [4] HOJDAR, J. - HELEBRANT, F. - KLIMECKÝ, O. - JURMAN, J. – GONDEK, H. *Povrchové dobývací stroje II*. 1. vydání, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1986. 338 s.
- [5] CVEKL, Z. - DRAŽAN, F. *Teoretické základy transportních zařízení*. 1. vydání, Praha: SNTL, 1976. 319 s.
- [6] LEINVEBER, Jan; Vávra, Pavel. *Strojnické tabulky: Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vydání. Praha: ALBRA, 2003. 872 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [7] BOBOK, J. *KONSTRUKCE A SPOJOVÁNÍ DOPRAVNÍCH PÁSŮ*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. 21 s.
- [8] Odborná terminologie v cizích jazycích. Dopravníky [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://vyuka.odbornaterminologie.cz/anglicky-jazyk/5-5-dopravniky-en>
- [9] SE-MI Technology, a.s. Pásové dopravníky [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.se-mi.cz/>
- [10] *Transroll*. [online]. 2017 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.transroll.cz>
- [11] *DvB-AF s.r.o.* [online]. 2017 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <https://www.flexco.cz>
- [12] *Schulte Strathaus GmbH & Co. KG*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.starclean-solutions.de/en/>
- [13] *Flexco*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.flexco.com/>

- [14] *Fleming Plastics*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<http://www.fleming.net.au/shop/item/conveyors-hydracon-incline-food-conveyor>
- [15] *Koexpro*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
http://www.koexpro.cz/new/koex/soubory/cz/13_1_5_2_vcp_1__kx1421.pdf?PHPSESSID=6959db71073f3d0f38f6d6949cacb8f7
- [16] *M-Technik,s.r.o.* [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<http://www.m-technik.cz/produkty/sterace-pasovych-dopravniku/hlavni-sterace.htm>
- [17] *HOVERDALE*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<http://www.hoverdale.com/conveyor-belt-equipment/conveyor-belt-cleaners/scrape-air-compressed-air-conveyor-belt-cleaners/>
- [18] *PROSTEAM*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<http://www.parnicistic.cz/parni-cisteni-dopravnikovych-pasu>
- [19] *OSTAZ*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<http://www.ostaz.cz/dulni-vetraci-nevybusne/>
- [20] *BOSCH REXROTH*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<https://www.boschrexroth.com/ics/cat/?id=&cat=Industrial-Hydraulics-Catalog&m=DE&u=si&o=Desktop&p=p699552&language=PL>
- [21] *ELEKTROMOTORY MORAVEC s.r.o.* [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z:
<http://www.elektromotory.net/siemens/1la7-1000-otacek/1la7-063-6ab.html>
- [22] *DVB-AF s.r.o. KATALOG* - Systémy pro potlačení prachu
- [23] Obrázky vytvořené autorem práce
- [24] ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů - Pásové dopravníky s nosnými válečky - Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 16 s.

8 Seznam obrázků

Obr. 2.1 Schéma pásového dopravníku [8]	13
Obr. 2.2 Poháněcí stanice pásového dopravníku [9]	14
Obr. 2.3 Korýtkové uspořádání horní větve dopravníku [10]	15
Obr. 2.4 Váleček pásového dopravníku [10]	16
Obr. 2.5 Ukázka napínacího zařízení [9]	17
Obr. 2.6 Shrnovač oboustranný [13]	18
Obr. 2.7 Základní konstrukce dopravního pásu [1]	18
Obr. 2.8 Dopravní pás s žebry a vlnovcem [11]	19
Obr. 2.9 Skladba pryžového pásu s textilní vložkou [7]	20
Obr. 2.10 Dopravní pás s ocelovou kostrou [7]	21
Obr. 2.11 Stěrače pásového dopravníku [11]	22
Obr. 2.12 Stěrač série 600 pro těžký provoz [12]	23
Obr. 2.13 Napínací zařízení pro stěrače série 600 pro těžký provoz [12]	23
Obr. 2.14 Stěrač série 500 [12]	24
Obr. 2.15 Stěrač série Y-TYPE Secondary Cleaner [13]	25
Obr. 2.16 Stěrač série U-TYPE Secondary Cleaner [13]	25
Obr. 2.17 Vnitřní stěrač série 240 [12]	26
Obr. 2.18 Čistící kartáč od firmy Flexco [13]	27
Obr. 2.19 Čištění pásu vodními tryskami [14]	27
Obr. 2.20 Vibrační čistič od firmy KOEXPRO [15]	28
Obr. 2.21 Vyhřívaný lištový stěrač od firmy M-Technik [16]	28
Obr. 2.22 Vzduchový stěrač od firmy Hoverdale [17]	29
Obr. 2.23 Parní čistič od firmy Osprey Frank [18]	29
Obr. 3.1 Příklad mokré cesty likvidace prašnosti [22]	30
Obr. 3.2 Příklad suché cesty likvidace prašnosti [22]	32
Obr. 4.1 Umístění stěrače v sestavě přesypu [23]	33
Obr. 4.2 Navržený vnitřní stěrač [23]	34
Obr. 4.3 Rozsah natočení stěrače [23]	34
Obr. 4.4 Přítlačné zařízení stěrače [23]	35
Obr. 4.5 Tlačná pružina [23]	36
Obr. 5.1 Sestava pro odprášení přesypu [23]	40
Obr. 5.2 Navržený přesyp [23]	41
Obr. 5.3 Těsnění bočního vedení [23]	42

Obr. 5.4 Těsnění plenta [23].....	42
Obr. 5.5 Suchá mlha v sestavě přesypu [23]	43
Obr. 5.6 Princip suché mlhy [22]	43
Obr. 5.7 Navržená sestava suché mlhy [23].....	44
Obr. 5.8 Ventilová skříň [23]	45
Obr. 5.9 Nosič trysek [23]	45
Obr. 5.10 Suchá mlha v provozu [23]	46
Obr. 5.11 Navržené odsávací zařízení v sestavě [23].....	50
Obr. 5.12 Navržená sestava odsávání [23]	51
Obr. 5.13 Rozdělení přesypu na 2 hlavní části [23]	51
Obr. 5.14 Rozdělení spodní části přesypu [23]	52
Obr. 5.15 Rozdělení horní části přesypu [23]	53
Obr. 5.16 Hlavní rozměry ventilátoru [19].....	59
Obr. 5.17 Charakteristika ventilátoru a potrubní sítě [23]	60
Obr. 5.18 Navržený kontejner [23]	62
Obr. 5.19 Navržená filtrační jednotka [23]	63

9 Seznam příloh

Příloha A Dopravní pásy (krycí vrstvy, textilní vložky a spojování)

Výkresová dokumentace

Příloha B	Výkres Sestavy odprášení	VAJ0009-1
Příloha C	Výkres Sestavy přesypu	VAJ0009-1-1
Příloha D	Výkres Sestavy stěrače	VAJ0009-1-2
Příloha E	Výrobní výkres Přítlačného profilu	VAJ0009-1-1-2

Jako další příloha je CD-ROM s diplomovou prací a výkresovou dokumentací.